



Rubrike

| Kodiranje - BBC micro:bit |
| STEM-radionice |
| Mala škola fotografije |



Izbor

| Tehnika i glazba |
| Psi Černobila |
| Geekcreit UNO R3 starter kit (3) |
| Širenje robotizirane kirurgije |

Prilog

| Robotski modeli za učenje kroz igru
u STEM nastavi – Fischertechnik (73) |

ABC tehnike

www.hztk.hr

ČASOPIS ZA MODELARSTVO I SAMOGRADNJU

Broj 683 | Ožujak / March 2025. | Godina LXIX.

ČESTITKA



HRVATSKA
ZAJEDNICA
TEHNIČKE
KULTURE

Želi Vam

**SRETAN
USKRS!**



U OVOM BROJU

Tehnika i glazba	3
Psi Černobila	5
BBC micro:bit [57]	8
Kriptoanaliza: razbijanje šifrirane poruke frekvencijskom analizom slova	13
Mala škola fotografije	17
Analiza fotografija	20
Zvijer	21
Pametni gradovi postaju još pametniji	26
Geekcreit UNO R3 starter kit (3)	28
Širenje robotizirane kirurgije	32
Osam najčudnijih robota na svijetu ...	36
Nacrt u prilogu:	
Robotski modeli za učenje kroz igru u STEM nastavi – Fischertechnik (73)	



HRVATSKA
ZAJEDNICA
TEHNIČKE
KULTURE

Nakladnik: Hrvatska zajednica tehničke kulture,
Dalmatinska 12, P. p. 149, 10002 Zagreb,
Hrvatska/Croatia

Glavni urednik: Zoran Kušan

Uredništvo: Sanja Kovačević – Društvo
pedagoga tehničke kulture Zagreb, Zoran Kušan
– urednik, HZTK, Danko Kočiš – ZTK Đakovo

DTP / Layout and design: Zoran Kušan

Lektura i korektura: Morana Kovač

Broj 7 (683), ožujak 2025.

Školska godina 2024./2025.

Naslovna stranica: Robot Atlas

Uredništvo i administracija: Dalmatinska 12, P.p.
149, 10002 Zagreb, Hrvatska
telefon (01) 48 48 762 i faks (01) 48 46 979;
www.hztk.hr; e-pošta: abc-tehnike@hztk.hr
“ABC tehnike” na adresi www.hztk.hr

Izlazi jedanput na mjesec u školskoj godini
(10 brojeva godišnje)

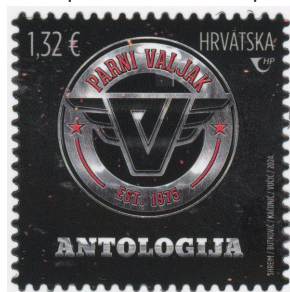
Rukopisi, crteži i fotografije se ne vraćaju
Žiro-račun: Hrvatska zajednica tehničke kulture
HR68 2360 0001 1015 5947 0

Devizni račun: Hrvatska zajednica tehničke
kulture, Zagreb, Dalmatinska 12, Zagrebačka
banka d.d. IBAN: 6823600001101559470 BIC:
ZABAHR2X

Tisak: Alfacommerce d.o.o., Zagreb

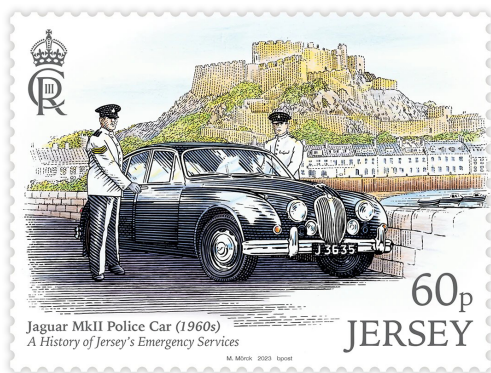
Ministarstvo znanosti i obrazovanja preporučilo je uporabu “ABC tehnike”
u osnovnim i srednjim školama

Tehnika i glazba duboko su povezane, pogotovo u modernom dobu. Tehnološki napredak omogućio je razvoj novih instrumenata i produkcijskih tehnika. Izum električne energije omogućio je stvaranje potpuno novih instrumenata (npr. električne gitare, sintesajzeri) i opreme (pojačala, gramofoni, zvučnici), novih žanrova glazbe (rock, pop, elektronička glazba), ali i načina distribucije (npr. radio, televizija, internet) te prezentacije glazbe (npr. koncerti). Glazba je danas gotovo svuda oko nas. Izravno ili neizravno povezana je s različitim tehničkim izumima koji se koriste za širu populaciju. Primjerice, u prometu: u nekim gradovima, vlakovi, tramvaji i autobusi puštaju laganu glazbu kako bi stvorili ugodniju atmosferu tijekom putovanja; postaje metra koriste glazbu kako bi smanjile stres putnika i poboljšale sigurnost; neke zrakoplovne kompanije također nude širok izbor glazbenih žanrova, uključujući pop, rock, klasičnu glazbu, jazz i tradicionalne melodije kako bi smanjili buku motora ili kako bi se putnici čim više opustili i zabavili tijekom dugih letova.



Slika 1. Parni valjak jedan je od najpoznatijih i najvažnijih rock bendova u povijesti hrvatske glazbene scene

Nažalost, brojne se nezgode upravo događaju iz toga razloga. Mnogi skladatelji dobili su inspiraciju za djela zahvaljujući tehničkim izumima, stvarajući nove zvučne svjetove i omogućujući im da komuniciraju s publikom na inovativne načine. Bez tih izuma, mnoge glazbene revolucije i pravci ne bi postojali, a sama glazba ne bi bila onakva kakvu danas poznajemo. Razvoj novih glazbenih instrumenata, poput klavira s poboljšanim mehanizmom ili električne gitare, omogućio je stvaranje inovativnih skladbi i



Slika 2. Automobil je jedan od najopjevanijih tehničkih izuma. Jedna od najpoznatijih pjesama je ona The Beatlesa *Drive My Car*

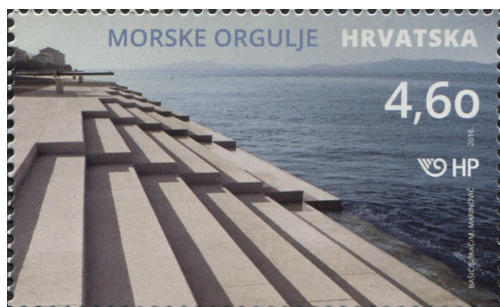
novih glazbenih stilova. Također, napredak u snimanju zvuka i digitalnoj tehnologiji otvorio je vrata eksperimentiranju s tonovima, efektima i oblicima izražavanja, čime su skladatelji proširili granice svoje kreativnosti. Isto tako, računala su postala neizostavan alat u mnogim aspektima glazbene industrije. Velik broj pjesama uključuje zvukove tehničkih izuma, bilo kroz imitaciju, simpliranje (uzimanje isječka iz postojeće snimke i njegovo korištenje u novoj skladbi) ili stvarnu uporabu tehnologije u stvaranju glazbe. Neki od primjera su: orkestralna skladba švicarsko-francuskog skladatelja Arthura Honeggera *Pacific 231* iz 1923. inspirirana je zvukovima parne lokomotive (imitira njeno ubrzavanje i usporavanje); u svojoj kulturnoj pjesmi *Motori* iz 1982. grupa Divlje jagode koristi zvukove motora kako bi pojačala energiju i atmosferu pjesme; pjesma engleskog sastava Pink Floyd *Welcome to the Machine* iz 1975. sadrži zvukove strojeva i elektroničke efekte koji stvaraju distopijsku atmosferu; pjesma *Radio Ga Ga* britanskog rock sastava Queen iz 1984. koristi zvukove radijskih signala i elektronskih efekata (ova pjesma govori o utjecaju radija i promjenama u medijima, posebice dolasku televizije i videa, a inspiracija je bila nostalgija za vremenima kada je radio bio glavni medij zabave). Mnoge pjesme bave se temama poput strojeva, automobila, interneta, umjetne inteligencije i tehnološkog napretka. Tako primjerice pjesme o brodovima često simboliziraju



Slika 3. Legendarna hrvatska grupa Daleka obala često u svojim pjesmama spominje brodove, plovila namijenjena obavljanju djelatnosti na morima, rijekama, jezerima ili kanalima

putovanja, slobodu, nostalgiju, avanturu ili čak tragediju na moru. Ovisno o žanru i tematici, neke pjesme govore o pomorcima, ljubavi prema moru, povijesnim brodovima ili čak brodolomima. Neki glazbeni sastavi dobili su ime po nekim tehničkim izumima, npr. zagrebačka grupa Parni valjak osnovana 1975. dobila je ime po istoime-nom građevinskom stroju – parnom valjku, koji simbolizira snagu, stabilnost i nezaustavljivost. Prema legendi članovi benda htjeli su ime koje će odražavati njihov moćan i energičan zvuk, pa su se odlučili za "Parni valjak" kao metaforu za bend koji "gazi" svojom glazbom i ostavlja trag; naziv engleskog sastava Led Zeppelin povezan je s lakom letjelicom koja koristi vrući zrak ili helij, a bila je vrlo popularna u I. svjetskom ratu i u civilnom zrakoplovstvu.

Glazbeni sastavi



Slika 4. "Morske orgulje" mramorne su stube na zadrskoj obali koje zahvaljujući moru izazivaju jedinstvenu glazbu. Zbog svoje inovativnosti privlače brojne turiste, ali i Zadrane u svakodnevnoj šetnji



Slika 5. Glazba se u prometnim vozilima često koristi za opuštanje putnika i vozača, ali i za poboljšanje koncentracije i ugodniji doživljaj vožnje

Mnogi legendarni glazbeni sastavi pojavili su se na poštanskim markama kod izdavača diljem svijeta. Poštanske uprave često izdaju marke u čast slavni glazbenika i bendova, prepoznajući njihov kulturni i povijesni značaj. Zanimljivu seriju maraka s motivom glazbe pustio je u optjecaj hrvatski nacionalni poštanski operator u rujnu prošle godine. Motivi na tri marke prikazuju: Daleku obalu, legendarnu splitsku rock grupu osnovanu 1985.; Psihomodo pop, rock bend osnovan 1983. u Zagrebu i Parni valjak, najdugovječniji bend u povijesti hrvatske scene, osnovan 1975. Marke su izdane u arčičima od četiri samoljepljive marke, u obliku ploče. Kada je riječ o stranim grupama, najpoznatija izdanja su: Velika Britanija (The Beatles, 2007.; Pink Floyd 2016.; Queen 2020.; The Rolling Stones 2022.; Led Zeppelin 2023.), Irska (U2 2020.), Australija (AC/DC 2013.), Švedska (ABBA 1983.) i dr. Isto tako marke prikazuju različite glazbene instrumente (električna gitara, SAD 2024.), koncerte (The Rolling Stones, Velika Britanija 2021.) kojih ne bi bilo moguće napraviti ili organizirati bez različitih tehničkih dostignuća. Osim bendova, i individualni glazbenici poput Elvisa Presleyja, Davida Bowieja, Dine Dvornika i Olivera Dragojevića našli su se na poštanskim markama u različitim zemljama. Ujedno, američka marka s likom Elvisa Presleyja smatra se jednom od najprodavanijih maraka u svijetu koje su kupljene, a nikada nisu iskorištene za poštarinu odnosno zalijepljene na pisma ili pakete. Njegovi obožavatelji, iako nisu filatelisti htjeli su ove "sličice" sačuvati kao suvenire.

Ivo Aščić

Sve je započelo u subotu, 26. travnja 1986. godine u 1:23 h, kada je tijekom kasnonoćnog sigurnosnog testa eksplodirao nuklearni reaktor. Test je trebao simulirati nestanak struje kako bi se vidjelo može li reaktor sigurno raditi i bez nje, no stvari su pošle po zlu zbog mješavine lošeg dizajna, pogreška operatera i propusta u komunikaciji. Iznenadni udar struje izazvao je nekontroliranu reakciju u reaktoru 4, što je dovelo do masivne eksplozije koja je raznijela poklopac reaktora te oslobodila tone radioaktivnog materijala u atmosferu... ostalo je povijest.

Neposredne posljedice eksplozije bile su uistinu kaotične. Bjesnjeli su požari, a radioaktivni se dim proširio Europom, što je nadalje rezultiralo jednom od najgorih nuklearnih katastrofa u povijesti. Nakon ovog tragičnog događaja ljudi su hitno evakuirani iz Černobila i okolnih područja kako bi se izbjegle ekstremne razine radijacije. Od tada se čitavo to područje naziva i Černobilska zona isključenja, a radijacija je ovdje šest puta viša od dopuštenog praga izloženosti za ljude.

No, što se nakon katastrofe dogodilo sa životinjama i kakva im je sudbina danas?

Černobilska zona isključenja uglavnom je zabranjeno područje koje pokriva više od 1600 četvornih milja oko žarišta nesreće i istovremeno predstavlja jedno sasvim neplanirano novonastalo utočište za velik broj divljih vrsti! Doduše, radioaktivnih vrsti, no ipak... Naravno, zdravlje i reprodukcija preostalih domaćih i divljih životinja u blizini Černobila bili su drastično smanjeni najmanje prvih šest mjeseci nakon nesreće.

Štoviše, u prvih nekoliko dana nakon eksplozije, razine radijacije bile su toliko visoke da su biljke posmeđile, osušile se i uvenule, dok su šume u blizini reaktora bile doslovno devastirane. Danas poznata kao "Crvena šuma", smještena svega kilometar i pol od elektrane, dobila je ovo ime upravo stoga što je radijacija promijenila boju borova u crvenkastosmeđu prije no što ih je ubila. Očekivano, i životinje su u početku masovno uginale i patile uslijed visokih razina radijacije koja je uzrokovala genetske mutacije, reproduktivne probleme i nagli pad populacija.



Pritom su posebno bili pogođeni beskrležnjaci (uključujući pčele, leptire, pauke, skakavce i vretenca), mali sisavci i ptice na tom području, da bi se i vodeni život u obližnjim rijekama i jezerima također suočio sa znatnom štetom. Budući da su se radionuklidi taložili i u sedimentu lokalnih jezera, kontaminirani su i vodeni organizmi te se još uvijek suočavaju s izazovima genetske nestabilnosti. Pogođene vrste posebno uključuju žabe, ribe, rakove te ličinke insekata.

Ipak, to se zapravo iznenađujuće brzo promijenilo i neke su se – čak još u vrijeme prije katastrofe ljudskim utjecajem drastično ugrožene populacije – sasvim oporavile!

Naime, usprkos radijaciji, s vremenom je odsutnost ljudi u Černobilskoj zoni isključenja omogućila prirodi da se oporavi na iznenađujuće načine. Bez ljudi, mnoge su vrste uključujući vukove, risove, orlove, medvjede te rijetke vrste poput divljeg konja Przewalskog ponovno učinile ovo područje domom. Ironično no, iako su žarišta radijacije ovdje još itekako prisutna, u nedostatku lova, poljoprivrede i urbanog razvoja, divlje su životinje vidljivo napredovale pretvarajući Černobil u jedno neočekivano i na krajnje nevjerojatan način stvoreno prirodno utočište!

Međutim, jedna skupina domesticiranih životinja prisutnih na području Černobila privukla je posebnu pažnju znanstvenika. Usred te nuklearne pustoši, propadajućih zgrada te dugotrajne radijacije, černobilski psi ne samo da su preživjeli već su i napredovali na upravo čudesne načine! Stoga danas ove iznimne pseće zajednice znanstvenicima nude jedinstveni uvid u to kako se priroda prilagodila u jednom od vjerojatno najneprijateljskijih okruženja na Zemlji. Naime, u ovom trenutku u černobilskoj zoni uspješno obitava oko 900 pasa lotalica – uglavnom potomaka pasa koji su zaostali u zoni za ljudima kada su evakuirani iz tog područja. Sve je krenulo od



Bizoni

dvije male, genetski vrlo različite, populacije pasa koje su nekako uspjele preživjeti u svom toksičnom staništu. Jedna skupina luta u blizini bivših reaktora u Černobilu, dok druga živi oko desetak milja dalje, u samom gradu Černobilu. Ovo otkriće ujedno sugerira da ovdje imamo dvije potpuno različite populacije pasa koje se rijetko susreću i križaju, što nadalje znači da je svaka od tih skupina zasebno iznašla i adekvatan genetski odgovor na cijelu tu radioaktivnu situaciju te preživjela – i to sasvim neovisno o drugoj!

Dakle, ovi su se psi prilagodili životu u surovom, radioaktivnom okruženju, ujedno preživljavajući i ekstremne zime, ograničene izvore hrane te kontinuirano zračenje.

Černobilski se psi grupiraju oko napuštenih sela i u blizini nuklearne elektrane u Černobilu, često se oslanjajući na ostatke hrane dobronamjernih znanstvenika i radnika te na donacije posjetitelja. Ovdje formiraju čopore za zaštitu i tipične društvene veze, a neki su se među njima ponovno i blisko povezali s ljudima, posebice radnicima i znanstvenicima koji još uvijek djeluju u zoni. Naravno, tijekom godina, povećala se i svijest te naponi da se pomogne ovim psima, a organizacije poput "Pasa Černobila" uskočile su kako bi im osigurale cijepljenje, medicinsku skrb, pa čak i programe udomljavanja kako bi bar nekima od njih dale priliku za novi dom i život izvan zone. Postupno su pokrenuta i specifična istraživanja te studije zahvaljujući kojima su znanstvenici prvi put zaronili dublje u tajne genskog sastava černobilskih pasa litalica a, osim klasifikacije populacijske dinamike unutar ovih čopora na obje lokacije, poduzeli su i prve korake prema razumijevanju kako bi kronična izloženost višestrukim opasnostima iz okoliša mogla utjecati na ove populacije.

Nadalje, analizirajući DNK 116 černobilskih pasa, znanstveni je tim identificirao 391 izvanrednu regiju u njihovim genomima, koja se ujedno razlikuje između dvije dominantne skupine. Ovaj

nalaz sugerira da su se psi iz zone uspješno prilagodili dugotrajnoj izloženosti svom kontinuirano toksičnom okruženju te objašnjava kako su nastavili rasti i razmnožavati se. Konkretno, psi koji žive u blizini mjesta nuklearne katastrofe mutirali su i razvili posebnu superadaptaciju: *imuni su na radijaciju, teške metale i zagađenja!* Međutim, naši psi litalice nisu jedini *Canidi* u zoni isključenja za koje je utvrđeno da su razvili genetske "supermoći". Nedavno su predstavljeni i nalazi koji sugeriraju da su vukovi koji žive u ovom toksičnom staništu također jedinstveno otporni na izloženost zračenju koje uzrokuje maligne bolesti – što zapravo i ne čudi ako uzmemo u obzir da se radi o životinjama iz iste porodice. Pa ipak, unatoč ovim intrigantnim nalazima, u slučaju černobilskih pasa zasigurno nam preostaje još mnogo toga za naučiti, a pitanje na koje znanstvenici još uvijek nastoje odgovoriti jest – zašto postoje ove zapanjujuće genetske



Divlji konji

razlike između dvije populacije pasa? I jesu li te razlike samo posljedica genetskog "drifta" ili su pak posljedica jedinstvenog okolišnog stresa na svakoj lokaciji?

Ovo istraživanje, naravno, ima šire implikacije koje se protežu i daleko izvan psećeg svijeta.

Naime, ukoliko utvrdimo jesu li ove genetske promjene kod černobilskih pasa odgovor psećeg genoma na izloženost s kojom se populacija suočila, možda ćemo moći razumjeti i mehanizme kako su psi preživjeli u tako neprijateljskom okruženju te što bi to moglo značiti za bilo koju drugu populaciju – životinjsku ili ljudsku – koja doživljava sličnu izloženost.

Uzmimo pritom u obzir i to da je, usprkos protoku stanovitog vremena od kojih skoro četrdeset godina od katastrofe, opasnost koju predstavlja izloženost zračenju u zoni još uvijek je vrlo stvarna! Uostalom, radijacija sama po sebi nije jedini problem u Černobilskoj zoni

isključenja; naime, to područje je kontaminirano i kemikalijama, otrovnim metalima, pesticidima te organskim spojevima koji su oslobođeni nakon godina propadanja infrastrukture. A kada se izloženost zračenju kombinira sa složenim toksičnim kemijskim smjesama sve samo ne sigurnog sastava, postoji i vrlo stvarna zabrinutost za ljudsko zdravlje tisuća ljudi koji još uvijek rade u zoni isključenja... aktualni rat da i ne spominjemo!

U svakom slučaju, bolje razumijevanje genetskih i zdravstvenih utjecaja ovakve kronične izloženosti kod pasa zasigurno će doprinijeti i našim spoznajama o tome kako ovakvi tipovi opasnosti za okoliš mogu utjecati na ljude te kako najbolje ublažiti zdravstvene rizike.

Pa ipak, psi nisu jedina bića koja su uspjela u ovom okruženju već, kako smo napomenuli i ranije, popis uspješnih vrsti uključuje i inače itekako ugrožene divlje konje Przewalskog, vukove, jazavce, labudove, losove, kornjače, jelene, lisice, dabrove, veprove, bizone, kune, zečeve, vidre, risove, orlove, glodavce, rode, šišmiše i sove. Neke od navedenih vrsti opstale su usprkos radijaciji, druge su pak reintroducirane i dobro su se prilagodile, a većinom im je svima zajedničko jedno – porast broja do tada vrlo ugroženih jedinki odnosno oporavak populacije. Očekivano, neke su vrste pokazale mutacije i sva se živa bića na ovome području još uvijek suočavaju s jedinstvenim izazovima, no očito nastavljaju napredovati na neke nama, barem za sada, sasvim neočekivane načine. Ukratko, da – divlje životinje Černobila opstale su unatoč katastrofi; štoviše, neke s tih područja već odavno izbrisane vrste još u vremenima prije katastrofe – poput vukova, risova, medvjeda, lisica, bizona, konja i orlova – su se vratile! Primjerice, usprkos radijaciji, danas je populacija vukova u zoni isključenja čak sedam puta veća nego u okolnim područjima. Bez antropoloških utjecaja na prirodnu ravnotežu, ovi *Canidi* su procvjetali!

Slična je situacija i s 90-ih godina reintrodiranim konjima Przewalskog, koji su se dobro prilagodili, a njihova populacija konačno bilježi stabilan porast.

Prije katastrofe iznimno rijetki u regiji, orlovi štekavci također su se vratili u brojevima koji danas gotovo pariraju onima kakvi su na tom području bilježeni prije više od stoljeća.

Također, smeđi medvjedi, koji su prethodno već bili potpuno izbrisani iz černobilske regije,

također su se vratili te sada njome slobodno lutaju, iskorištavajući bogato, ljudima neometano stanište. Nadalje, odsutnost ljudi dovela je i do nekih fascinantnih promjena u ponašanju životinja unutar zone isključenja. Tako su, primjerice, losovi postali aktivniji tijekom dana, što je promjena koja izravno proizlazi upravo iz nedostatka ljudske prisutnosti.

Nadalje, šišmiši su promijenili navike prenoćišta pa sada preferiraju zgrade koje su ljudi napuštali, a koje im nude sigurna, neometana skloništa. Divlje su svinje zauzele napuštena sela, čije strukture sada koriste za skloništa te izvor hrane u obraslim vrtovima. Uslijedile su i neke genetske prilagodbe ostalih živućih organizama pa su tako određene biljke, primjerice, razvile deblje lišće što je prilagodba koja im itekako pomaže da prežive u kontaminiranom tlu. Znanstvenici koji su pak proučavali mutirane istočne drvene žabe s crnom kožom, utvrdili su da ove jedinke dosežu podjednaku kvalitetu i životni vijek kao i njihove nemutirane zelene dvojnice. Nadalje, neke su vrste ptica razvile više razine antioksidansa koji im pomažu u borbi protiv štetnih učinaka zračenja, no još je i mnogo vrsta te načina njihove prilagodbe ostalo neistraženo. Premda dugoročni učinci radijacije na domesticirane i divlje životinje Černobila još uvijek ostaju neizvjesni, ovaj trenutni životinjski trend definitivno svakako budi nadu i vjeru u neuništivu snagu i otpornost prirode – ili barem njen određeni dio. Dakle, znanstveno utvrđena činjenica jest da je, unatoč zračenju, upravo odsutnost ljudi u Černobilu dovela do jedinstvenog ponašanja životinja i genetskih prilagodbi, što nadalje zorno dokazuje sposobnost prirode da uspostavi ravnotežu i napreduje u vrlo izazovnom okruženju – barem sve dok nema ljudi u blizini. Što će reći – veća katastrofa od samog Černobila smo upravo mi!

Stoga, krajnje je vrijeme da svi mi, usprkos tehnološkim dostignućima i znanstvenim otkrićima, konačno usvojimo i jednu daleko važniju lekciju – onu koju smo nekoć davno znali i živjeli u skladu s njome – a to je da smo i mi sami neraskidivi dio prirode!

Jer, vidite, priroda bez čovjeka itekako može opstati, čak štoviše!

No, može li čovjek opstati bez prirode?

Ivana Janković,
Croatian Research
and Conservation Society

BBC micro:bit [57]

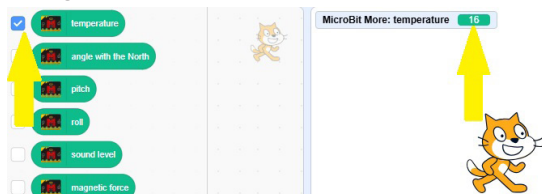
Poštovani čitatelji, nastavljamo seriju kodiranja BBC micro:bita kroz jednostavne primjere u Scratch-Editoru. U ovom ćete nastavku saznati kako iskoristiti neke blokove S-Editora *MicroBit More* koji se tiču osjetila temperature.

Osjetilo temperature

Na pločici BBC micro:bita nije ugrađeno posebno osjetilo temperature, već se koristi ono koje je ugrađeno unutar čipa procesora i služi za zaštitu od pregrijavanja. Kako zahtjevi BBC micro:bita nisu veliki, a procesor ne obavlja veći broj radnji istovremeno, odnosno ne "vrti" više aplikacija kao što to čini na primjer procesor stolnog računala, ono se pretjerano ne grije. Radi toga, procesor BBC micro:bita najčešće poprima temperaturu okoline i zato osjetilo temperature u stvarnosti mjeri temperaturu zraka.

Neposredno očitavanje

Kao i kod svih drugih dosad obrađenih osjetila, tako i kod osjetila temperature moguće je neposredno očitavanje trenutne temperature. Dovoljno je aktivirati plavu kvačicu pokraj jajastog bloka "temperature", Slika 57.1.



Slika 57.1. Radi neposrednog očitavanja nije potrebno upisati kôd

Brojevi koji se dobivaju jesu Celzijevi stupnjevi, a to se skraćeno piše, na primjer 16 °C.

Stupnjevi su dobili ime po znanstveniku Andersu Celsiusu, Šveđaninu koji je prije tri stoljeća odredio temperaturnu ljestvicu. Kako je to učinio? Uzeo je staklenu cjevčicu napunjenu živom (živa je kovina koja je na sobnoj temperaturi u tekućem stanju). Kako kovine izrazito mijenjaju volumen ovisno o temperaturi, promatrao je i zabilježio do koje se visine živa penje unutar cjevčice kad je zagrijana do točke vrelišta vode i koliko se unutar cjevčice spušta kad je ohlađena

do točke ledišta vode. Te je dvije krajnje točke razdjelio u 100 jednakih dijelova. Na taj je način dobio da je razmak između crtica 1 stupanj. Zanimljivo je spomenuti da je ledište obilježio sa 100, a vrelište s 0. Tek je nakon njegove smrti skala zaokrenuta tako da je ledište na 0 °C, a vrelište na 100 °C.

Dobro je znati da temperature ispod 0 °C valja pisati s predznakom minusa, pa tako, na primjer, najniža moguća temperatura, koju nazivamo apsolutnom nulom, ima temperaturu -273,15 °C.

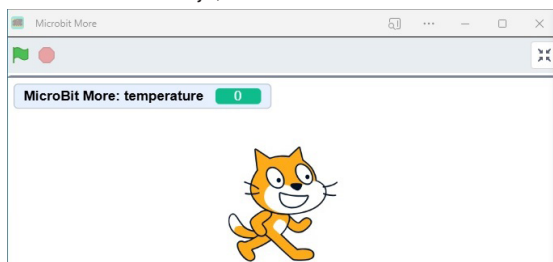
Koliko je BBC micro:bit precizan?

Najbolje je da to utvrdite tako da dobivene vrijednosti usporedite s mjerama koje ćete izvesti "pravim" (komercijalnim) termometrom.

Za eksperiment koji slijedi trebate BBC micro:bit v.1., BBC micro:bit v.2. i bilo koji komercijalni termometar namijenjen mjerenju temperature zraka.

Eksperiment

Na računalu dva puta pokrenite aplikaciju *Microbit More* te svaku ugodite tako da se na zaslonu vide obje, Slika 57.2.



Slika 57.2. Na lijevoj polovici zaslona računala prikazuje se prva aplikacija *Microbit More*, a na desnoj polovici druga aplikacija *Microbit More*

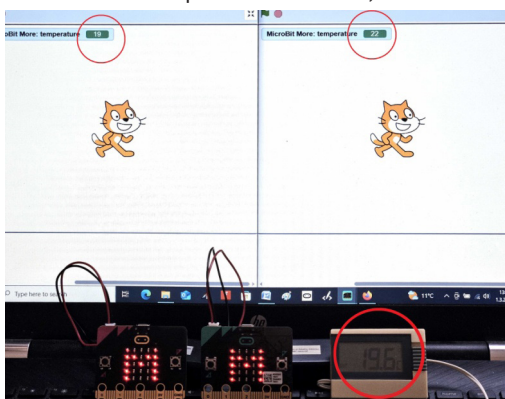
S lijevom aplikacijom povežite prvi BBC micro:bit, a s desnom drugi. U obje aplikacije, kod jajastog bloka, kvačicom označite neposredno mjerenje temperature.

U blizini BBC micro:bita držite komercijalni termometar, Slika 57.3.



Slika 57.3. Komercijalni termometar ne mora biti digitalan. Bit će dobar koji termometar za mjerenje temperature zraka

Sačekajte desetak minuta kako bi se mjerenje stabiliziralo te usporedite rezultate, Slika 57.4.



Slika 57.4. BBC micro:bit v2. (lijevo) mjeri 19 °C, BBC micro:bit v1. (u sredini) mjeri 22 °C, a komercijalni termometar mjeri 19,6 °C

Iz ovog eksperimenta možete zaključiti kako su dobivene tri različite veličine, no ipak zadovoljavajuće. To što BBC micro:bit v1. pokazuje veće odstupanje ne mora vas previše brinuti jer se to da softverski popraviti.

Monitor temperature

U nastavku napišite program koji će mjeriti temperaturu okoline i koji će se kod svake promjene temperature oglasiti zvukom.

Za ovu vježbu trebate BBC micro:bit, pripadajuće baterije i najlonsku vrećicu.

Kodiranje

U S-Editoru *Microbit More* prepisite program sa Slike 57.5.



Slika 57.5. Programski kôd temperaturnog monitora

Kako je vidljivo trebate uvesti zvuk “pop”. Ako želite, umjesto mačke možete uvesti i drugačiji lik, na primjer “Earth”.

BBC micro:bit uparite sa S-Editorom te kliknite po zelenoj zastavici. Ako je sve kako valja, iznad globusa se pojavljuje dijaloški oblak s ispisanom temperaturom, Slika 57.6.



Slika 57.6. Temperaturni monitor u akciji

Kako ispraviti grešku mjerenja?

Ako ste u prethodnom eksperimentu ustanovili da mjerenje BBC micro:bita znatno odstupa od mjerenja komercijalnim termometrom, onda to softverski popravite. Na primjer, komercijalni termometar mjeri 19 °C, a BBC micro:bit mjeri 22 °C, što je 3 °C previše. U postojećem programu dodajte blok za oduzimanje prema Slici 57.7.



Slika 57.7. Od “moja varijabla 2” treba oduzeti 3 kako bi se u dijaloškom oblaku dobila točna mjera

Izvedite nekoliko mjerenja

Izazovite promjenu temperature, vašim dahom zagrijavajte procesor na pločici BBC micro:bita. Potom izmjerite temperaturu unutar hladnjaka. BBC micro:bit i baterije stavite u najlonsku vrećicu te sve skupa metnite u hladnjak. Na zaslonu računala promatrajte kako se temperatura snižava. Provjerite koliko je vremena potrebno da se izmjerena temperatura stabilizira.

Izmjerite temperaturu unutar zamrzivača. I ovdje koristite najlonsku vrećicu! Kod ovog mjerenja temperatura bi trebala zaći u minus, Slika 57.8.



Slika 57.8. Autor ovih redaka je u zamrzivaču nakon deset minuta izmjerio stabilnu temperaturu od -21°C

Izmjerite temperaturu u stakleniku

Što je staklenik?

Wikipedija kaže: “**Staklenik** je prozirna konstrukcija koja omogućava zaštićeni i kontrolirani uzgoj raznih biljaka. Staklenici se obično grade od stakla, a u novije vrijeme često i od folija da bi se postigao staklenički efekt, optimalna temperatura i zaštita od padalina.”

Što je staklenički efekt?

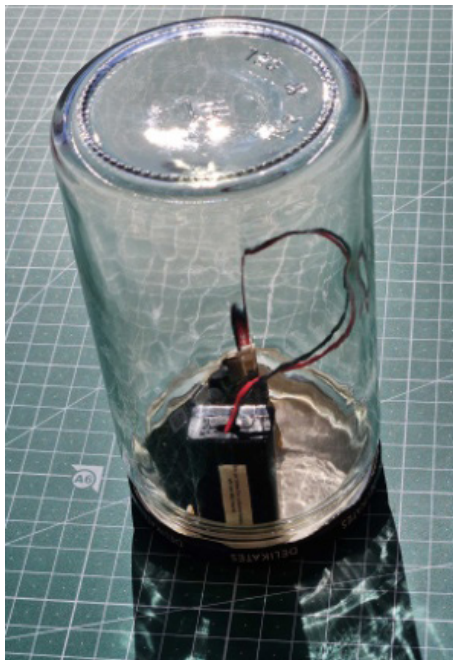
Staklenički efekt ili staklenički učinak je prirodna pojava kad Sunčevo visokoenergetsko toplinsko zračenje prolazi kroz atmosferu i zagrijava površinu Zemlje. Noću se zagrijana Zemlja hladi, odnosno ona sama zrači toplinsku energiju koju je preko dana akumulirala, no to je niskoenergetsko toplinsko zračenje jer Zemlja nije užarena. Takvo zračenje ne uspijeva u potpunosti “pobjeći” u svemir jer ga atmosfera odvraća pa Zemlja, a time i atmosfera ostaju zagrijane. Kad atmosfera ne bi na taj način zadržavala toplinu, na Zemlji bi noću vladala temperatura od oko -73°C .

Isti taj učinak moguće je koristiti zimi za postizanje idealnih uvjeta za uzgoj biljaka. Staklo i razne folije ponašaju se isto kao i atmosfera

tako da je u staklenicima moguće dobiti višu temperaturu zraka.

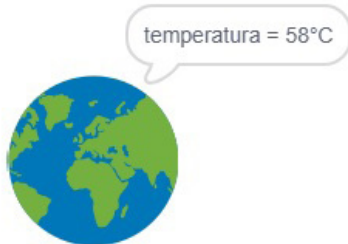
To možete provjeriti. Za ovu vježbu trebate neku staklenku, na primjer staklenku kiselih krastavaca. Sa staklenke odstranite naljepnicu.

Najprije izmjerite temperaturu vanjskog zraka, a potom BBC micro:bit i baterije stavite u praznu staklenku, začepite ju i položite izravno na sunčevu svjetlost, Slika 57.9.



Slika 57.9. Unutar staklenke koja simulira staklenik nalazi se BBC micro:bit i njegove baterije

Sačekajte desetak minuta te izmjerite temperaturu zraka u staklenici. Usporedite dobiveni rezultat s vanjskom temperaturom, Slika 57.10.



Slika 57.10. Autor ovih redaka je nakon 10 minuta izmjerio temperaturu od 58°C , dok je vanjska temperatura bila 19°C

Odmah valja napomenuti kako dobivena temperatura nije ona zagrijanog zraka unutar staklenke jer je BBC micro:bit bio izložen direktno Suncu, a znamo da se temperatura zraka mjeri u hladu. Kako biste izmjerili temperaturu zraka najbolje je s jedne strane staklenke zalijepiti veću bijelu naljepnicu, a BBC micro:bit namjestiti tako da ga obuhvaća sjena te bijele naljepnice, Slika 57.11.



Slika 57.11. BBC micro:bit u sjeni bijele naljepnice

Sačekajte desetak minuta pa ponovite mjerenje temperature. Autor ovih redaka polučio je rezultat koji je vidljiv na Slici 57.12.



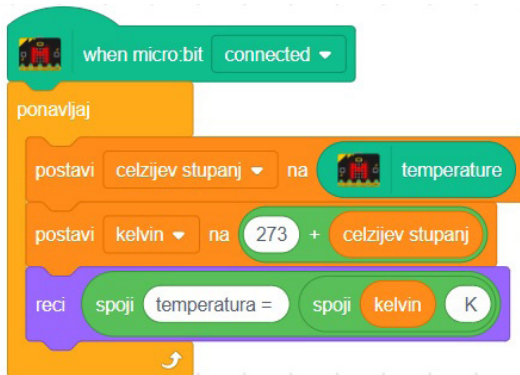
Slika 57.12. Dok je vanjska temperatura zraka 19 °C unutar staklenke izmjerena je temperatura 44 °C

Kelvin

U svakodnevnom životu udomaćeno je koristiti Celzijeve stupnjeve, no u znanosti se koristi drugačija oznaka. U fizici se za iskazivanje temperature koristi kelvin, a njegov simbol je K. Dobio je ime po engleskom fizičaru Williamu Thomsonu, barunu Kelvinu of Largsa. Obje veliči-

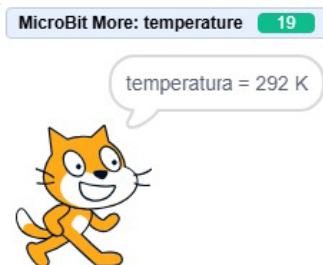
ne, Celzijev stupanj i kelvin imaju jednak raspon, odnosno razmaci crtica su na njihovim ljestvicama jednaki. Razlika je u tome što s 0 K (nula kelvina) obilježavamo apsolutnu nulu (-273,15 °C), a s 0 °C obilježavamo ledište vode. Dakle, razlika iznosi 273,15. Primijetite kako kelvin ne može poprimiti negativne vrijednosti jer ne postoji niža temperatura od apsolutne.

Sad kad to znate možete napisati program koji će izmjerenu temperaturu koju BBC micro:bit šalje u °C prikazati u K, Slika 57.13.



Slika 57.13. Program pretvara Celzijeve stupnjeve (°C) u kelvine (K). Radi jednostavnosti razlika je zaokružena na 273

Povežite BBC micro:bit sa Scratchom te u dijaloškom oblaku iznad mačke čitajte temperaturu u K, Slika 57.14.



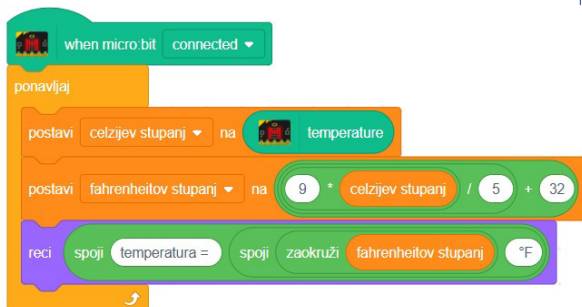
Slika 57.14. Na zaslonu računala prikazuje se trenutna temperatura zraka: 19 °C, odnosno 292 K

Fahrenheit

To je ljestvica koju je izmislio njemački fizičar Gabriel Fahrenheit. Uvedena je prije Celzijevih stupnjeva. Danas se ta ljestvica postepeno napušta, no koristi je još uvijek u nekim zemljama kao na primjer u SAD-u. Radi toga nije na odmet naučiti pretvorbu jer nikad ne znate kada bi vam mogla zatrebati. Za dobivanje °F iz °C trebate

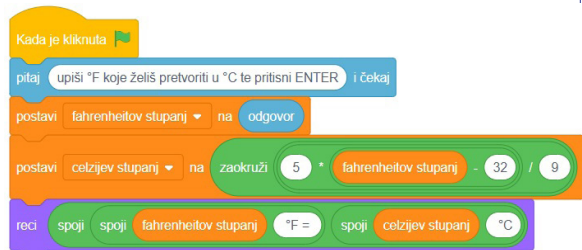
ovu formulu: $(9 \times C) / 5 + 32$, a za dobivanje $^{\circ}\text{C}$ iz $^{\circ}\text{F}$ trebate ovu drugu formulu: $(5 \times (F - 32)) / 9$.

Kako se ne biste mučili najbolje je da napišete program koji će te vrijednosti pretvarati automatski. Za pretvorbu iz $^{\circ}\text{C}$ u $^{\circ}\text{F}$ možete koristiti prethodni program tako da ga prepravite prema Slici 57.15.



Slika 57.15. Program pretvara Celzijeve stupnjeve ($^{\circ}\text{C}$) u stupnjeve farenhajta ($^{\circ}\text{F}$). Radi jednostavnosti, rezultat je zaokružen na cijeli broj, bez decimala

Ako želite čistu pretvorbu bez mjerenja temperature, onda isprobajte program sa Slike 57.16. koji pretvara ručno upisane stupnjeve farenhajta u Celzijeve stupnjeve.



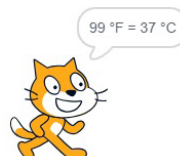
Slika 57.16. Program pretvara stupnjeve farenhajta ($^{\circ}\text{F}$) u Celzijeve stupnjeve ($^{\circ}\text{C}$)

Nakon povezivanja pokrenite program klikom na zelenu zastavicu. U ovom se programu prvi put susrećete s unosom podataka preko tipkovnice računala. Za to se koristi plavi jajasti blok "odgovor". On će aktivirati tipkovnicu i sačekati da upišete neki podatak, Slika 57.17.



Slika 57.17. Žuta strelica označava mjesto gdje valja upisati brojčanu vrijednost temperature. Nakon unosa kliknite na plavu kvačicu ili pritisnite tipku *ENTER*

Dakle, u dijaloškom okviru ispod mačke, korištenjem tipkovnice upišite neki broj, na primjer 99 te kliknite na plavu kvačicu. Ako je sve kako valja, iznad mačke će se u dijaloškom oblaku pojaviti rezultat pretvorbe, Slika 57.18.



Slika 57.18. Rezultat pretvorbe ispisuje se u dijaloškom oblaku iznad mačke

Za neku novu pretvorbu trebate nanovo pokrenuti program klikom na zelenu zastavicu.

Ako ikad budete morali mjeriti tjelesnu temperaturu termometrom koji je baždaren po farenhajtovoj ljestvici, nemojte se prestrašiti ako pročitate 99 $^{\circ}\text{F}$ jer je to normalna ljudska temperatura!

To bi za sada bilo sve. Zabavljajte se i učite.

Za ove ste vježbe trebali:

- BBC micro:bit v.1
- BBC micro:bit v.2
- baterije za BBC micro:bit
- termometar za mjerenje temperature zraka
- najlonsku vrećicu
- staklenku s poklopcem
- bijelu naljepnicu.

Marino Čikeš, prof.

Kriptoanaliza: razbijanje šifrirane poruke frekvencijskom analizom slova

Od drevnih civilizacija do modernog digitalnog doba, šifriranje poruka igra ključnu ulogu u prijenosu povjerljivih informacija. Još su stari Rimljani koristili Cezarovu šifru, a u Drugom svjetskom ratu poznata Enigma bila je izazov koji su saveznički kriptoanalitičari uspjeli razbiti, mijenjajući tijek povijesti.

Jedan od najstarijih alata za razbijanje šifri je frekvencijska analiza slova, koja se pokazala vrlo učinkovitom kod jednostavnih supstitucijskih šifri, poput Cezarove ili monoalfabetske zamjene. No, ubrzo su razvijene otpornije metode, poput Vigenèreove šifre, koja koristi višestruke abecede i tako smanjuje predvidljivost frekvencija slova. Kasnije su se pojavile još složenije metode, sve do modernih algoritama poput AES-a i DES-a, koji su osmišljeni kako bi bili potpuno otporni na ovakve analize, a i ostale napredne.

Unatoč tome, razumijevanje frekvencijske analize i dalje je ključan prvi korak u učenju kriptoanalize, jer pokazuje kako se prepoznaju uzorci u šifriranom tekstu i otkrivaju slabosti u kriptotalgoritmima.

U ovom članku istražiti ćemo kako učestalost slova može pomoći u razotkrivanju šifriranih poruka!

Uvod u frekvencijsku analizu slova

U prethodnom izdanju (broj 682 *ABC Tehnike*) objasnili smo kako nastaje šifra i predstavili osnovna pravila kriptografije. Također smo spomenuli kriptoanalizu – postupak razbijanja šifriranog teksta. Ovdje ćemo prikazati jedan od matematičkih alata za razbijanje šifri, koristeći kriptoanalizu, konkretnije frekvencijsku analizu slova kako bi razotkrili skrivenu poruku u šifriranom tekstu bez poznavanja ključa.

Kad kažemo "frekvencija", prvo pomislimo na radio i njegove radiovalove, koji kod kućnih prijemnika imaju raspon od 88 do 108 MHz. To znači da radioval, primjerice, na frekvenciji 99 MHz titra 99 milijuna puta u sekundi. Drugim riječima, frekvencija označava broj titraja u sekundi – u ovom slučaju titraja električnog i

magnetskog polja signala koji putuje od odašiljača do prijemnika. No pojam frekvencije nije vezan samo uz radio i radiovalove koji titraju. Riječ dolazi iz latinskog *frequentia*, što znači učestalost, mnoštvo ili ponavljanje nečega. U kontekstu slova, frekvencija označava koliko se često određeno slovo pojavljuje u nekom tekstu.

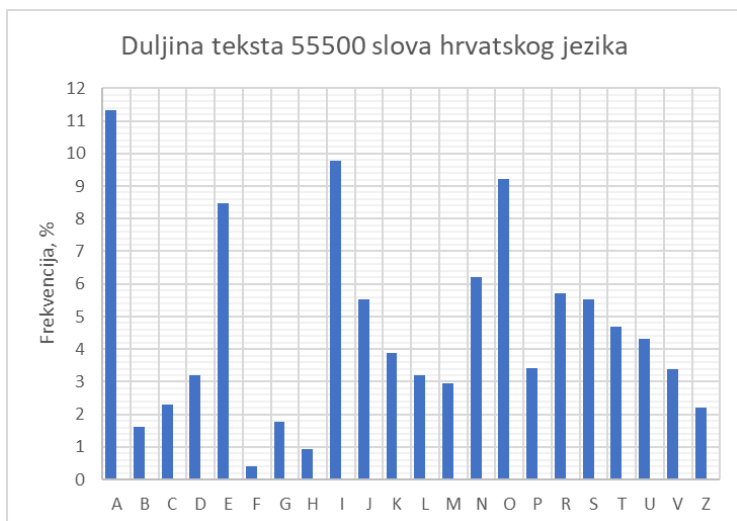
Uzmimo u ruke neki tekst na hrvatskom jeziku koji ima 100 slova. Prebrojimo koliko se u tom tekstu ponavlja slovo A i zapišimo, zatim prebrojimo koliko se puta u tom tekstu nalazi slovo B. Vrlo vjerojatno ćete dobiti da se u tom tekstu nalazi desetak slova A i gdje pokoje slovo B. Kažemo da je slovo A u nekom tekstu zastupljeno oko 10 %, a slovo B oko 1–2 %. Takva velika razlika nije slučajna, što se možete sami uvjeriti ako uzmete više primjera za analizu. Možemo zaključiti da se određena slova u nekom jeziku češće pojavljuju od drugih, neka su slova frekventnija od drugih slova. Intuicija nam govori da što je tekst duži, to je lakše predvidjeti učestalost pojedinih slova uz manja odstupanja. Vrijedi i obrnuto – u kraćim tekstovima teško je pouzdano odrediti najčešće slovo.

Svaki jezik ima svoj jedinstveni način korištenja slova, što znači da se neka slova u njemu pojavljuju češće od drugih. Na primjer, u hrvatskom jeziku najčešće slovo je A s frekvencijom od 11,5 %, dok je u njemačkom jeziku najčešće E sa 17,5 %, a u engleskom također E, ali s nešto manjom učestalošću od 12,7 %.

Grafički prikaz frekvencijske analize slova za hrvatski jezik, možete vidjeti na slici 1.

Za analizu frekvencije slova u hrvatskom jeziku korišten je tekst koji obrađuje povijesne događaje u Hrvatskoj, a sastoji se od 55 500 slova. Za potrebe amaterske kriptologije, ova frekvencija slova može dobro poslužiti i posebno će se pokazati korisnom za neke šifrirane poruke koje imaju povijesni karakter Hrvatske.

Gledajući sliku 1 koja prikazuje frekvenciju slova u hrvatskom jeziku, možemo primijetiti da su samoglasnici (A, E, I, O i U) znatno učestaliji od



Slika 1. Prikaz frekvencije slova u hrvatskom jeziku. Analiza je provedena na uzorku od 55 500 slova iz teksta koji opisuje povijesne događaje u Hrvatskoj

suglasnika, s izuzetkom slova U, koje se pojavljuje nešto rjeđe od ostalih samoglasnika. Općenito, samoglasnici su u svim jezicima frekventniji od suglasnika, jer gotovo da ne postoji riječ bez barem jednog samoglasnika.

Ipak, hrvatski jezik ima zanimljivu iznimku – postoje riječi koje uopće ne sadrže klasične samoglasnike. Primjeri takvih riječi su *trg*, *srž*, *prst*, *vrh*, *smrt*, *krv* i tako dalje, gdje slovo R preuzima ulogu slogotvornog glasa, omogućujući izgovor bez samoglasnika. Iako su takve riječi rijetke, one pokazuju fonetsku prilagodljivost hrvatskog jezika i njegovu jedinstvenost u odnosu na mnoge druge jezike.

Na slici 1 je također vidljiv primjer nisko-frekventnih slova, a među njima je najmanje frekventno slovo F.

Imajući sve to na umu, razbijanje supstitucijske šifrirane poruke primjenom frekvencijske analize slova u principu je vrlo jednostavno. Šifrirani znak – bilo da je riječ o slovu, broju ili simbolu – koji se najviše puta ponavlja u šifriranom tekstu, vjerojatno predstavlja najfrekventnije slovo tog jezika.

Primjerice, ako imamo šifrirani tekst koji sadrži samo brojeke, a znamo da je riječ o običnoj supstitucijskoj šifri (što je najčešće slučaj kada netko sam pokušava osmisлити vlastiti kript algoritam), tada će najčešće zastupljena brojka vrlo vjerojatno odgovarati slovu A u otvorenom tek-

stu. Međutim, ako je šifrirani tekst kratak, ta najfrekventnija šifrirana brojka može predstavljati i drugo, treće ili neko drugo često slovo u jeziku.

Također, vrijedi istaknuti još jedno zanimljivo svojstvo samoglasnika – oni ne vole stajati jedan pokraj drugoga u nekom tekstu. Ako promotrimo bilo koju riječ, primijetit ćemo da se samoglasnici A, E, I, O i U uglavnom smještaju tako da između njih bude suglasnik. Naravno, postoje riječi u kojima se samoglasnici pojavljuju jedan do drugoga (npr. *htio*, *znao*, *dao*), ali takvi slučajevi su nešto rjeđi, a posebno su rjeđe situacije u slučajevima gdje se “dodiruje” više samoglasnika (primjer ćemo vidjeti kasnije). Takvi rijetki slučajevi mogu biti izuzetno korisni u kriptanalizi, jer omogućuju analitičaru da brzo prepozna neuobičajene uzorke u tekstu. Budući da su riječi s uzastopnim samoglasnicima rjeđe, njihov broj je ograničen, što olakšava testiranje svih mogućih kombinacija u razumnom vremenu, za razliku od velikog broja uobičajenih riječi koje slijede standardna pravila jezika.

Osim analize pojedinačnih slova, moguće je proučavati i učestalost parova slova (bigrama) te trojki slova (trigrama) u tekstu. Bigrami su dva uzastopna slova koja se često ponavljaju, dok trigrami čine tri uzastopna slova. Ovi obrasci dodatno pomažu u analizi jezika i mogu biti korisni u kriptanalizi.

U hrvatskom jeziku među najčešćim bigramima nalaze se JE (2,7 %), NA (1,69 %), RA (1,67 %), AN (1,57 %) i drugi. Kada promatramo trigrame, najfrekventniji je IJE (0,6 %), dok ga slijede STA, OST, JED, KOJ, OJE i JEN, čije se učestalosti kreću između 0,3 % i 0,4 %.

Analizom bigrama i trigrama može se dodatno olakšati razbijanje šifri, jer određene kombinacije slova imaju predvidive uzorke koji se ponavljaju u jeziku.

Također, vrijedi istaknuti trigram ILI, koji je poseban jer je simetričan, s jednim suglasnikom u sredini i dva samoglasnika I svaki s boka, koji su u hrvatskom jeziku vrlo učestali. Osim ILI

pojavljuju se i ANA, IVI, OVO, ONO, UHU, IĆI, OKO i UMU. Ove kombinacije se lako mogu provrtjeti jer se šifrirani obrasci lako uočavaju u tekstu.

Primjerice, ako u šifriranom tekstu naiđemo na strukturu XCX koja stoji samostalno (pod uvjetom da šifra nije zapisana u blokovima) i ako je šifrirano slovo X jedno od najfrekventnijih šifriranih slova, dok je C srednje ili manje frekventno slovo u šifriranoj poruci, možemo s većom vjerojatnošću pretpostaviti da je XCX = ili. Ako se pokaže da ta hipoteza nije prihvatljiva, lako se u razumnom vremenu mogu ispitati i ostale prethodno navedene troslovne riječi.

Sličan se princip može primijeniti i na bigrame, posebno na AN i NA, koji su među najčešćima u hrvatskom jeziku. Ako u šifriranom tekstu pronađemo često ponavljajuće bigrame tipa GR i RG, možemo posumnjati da oni odgovaraju bigramima NA i AN u otvorenom tekstu, tj. GR = na i RG = an.

Također, vrijedi primijetiti da je bigram AN sastavljen od samoglasnika i suglasnika, što je uobičajena struktura u jeziku. Slovo N jedno je od najčešće korištenih suglasnika, dok je A jedan od najfrekventnijih samoglasnika u hrvatskom jeziku. Ovakve pravilnosti pomažu u dešifriranju poruka, jer omogućuju brže prepoznavanje najčešćih slova i kombinacija.

Tijekom kriptološkog rada korisno je prikupljati i bilježiti ovakva ključna pravila o frekvenciji slova, bigrama i trigrama, kao i prepoznatljive uzorke koji se često pojavljuju u jeziku. S vremenom se tako može stvoriti vlastiti kriptološki priručnik, nalik nekakvom rječniku, koji olakšava prepoznavanje uzoraka i ubrzava proces dešifriranja poruka.

Upravo ovakve kombinacije čine kriptozanalizu izazovnom i zanimljivom, tjerajući ljudski um da riješi šifriranu poruku pomoću različitih pristupa i logičkih zaključaka.

Opet vrijedi istaknuti da ništa ne možemo doslovno primjenjivati od gore spomenutih pravila, posebno ako je šifrirani tekst kratak, jer u takvim slučajevima teško je dobiti pouzdanu statistiku frekvencije slova.

Kao što je prikazano u prošlom broju, ako se ključ za šifriranje rijetko mijenja tijekom šifriranja neke poruke, to kriptanalitičaru daje više podataka za statističku analizu, čime se povećava vjerojatnost razbijanja šifrirane poruke.

Međutim, česta zamjena ključeva u praksi je problematična, iako je ključna za sigurnost šifriranja.

Povijest je pokazala da su nemarni šifranti često koristili isti ključ za šifriranje većeg broja poruka nego što je bilo potrebno, što su kriptanalitičari iskoristili – analizom velikog broja šifriranih poruka istim ključem uspjeli su rekonstruirati ključ. Upravo s tim ključem kriptanalitičari su mogli čitati sve šifrirane poruke toga dana, bez obzira na to je li ih šifrirao nemaran ili discipliniran šifrant. Bilo je slučajeva u kojima su šifranti šifrirali sam ključ i u takvom ga obliku slali primatelju. Primatelj bi taj ključ koristio sljedećeg dana za rad. No, radi nemarnih šifranata, kriptanalitičari su često uspijevali otkriti i te šifrirane ključeve, čime su stekli pristup porukama bez potrebe za kriptozanalizom.

Nakon što smo prikazali kako se učestalost slova koristi u kriptozanalizi, pogledajmo praktičan primjer primjene ove metode u razbijanju šifrirane poruke.

Primjer razbijanja šifrirane poruke frekvencijskom analizom slova

Prilikom analize šifriranog teksta prvo se provodi frekvencijska analiza slova. Najčešća slova obično su samoglasnici, a ako su ravnomjerno raspoređena i rijetko stoje jedno do drugog, vjerojatno se doista radi o njima. U nastavku ćemo prikazati primjer razbijanja šifrirane poruke. Zamislimo da u ruci držimo šifriranu poruku čiji nejasni tekst izgleda ovako.

GZPFY, W WMHKZS GZXYRYK THHTPDZ
LY ADQZRSZ SHQW LW UKZGRWLSP FYTPQP
HAPLZDP 'LSHKH AZ LZKLYGHF: ADQZRSW LW
RKGHIHKRP PNXYDP UPDFLSP - PLSHKPLMPDP
LW MKYGWMZS SZTZ QY AHNGZMP IDWFZR
QYZG-RDZWYZ XZG TZFFY EPH W EDPNPGP, W
HAMPRP GZTHFZS TKZIWDQZKGPRY, AZ LW LXP,
GZKZXGH, IDYTZDP W GQYIZ. WSKZDP LW MZSH
GZSPM XKPQYTZG MKP FPDQPWGZ YWKZ.

DHAHXP LW GZXHTGH MPQYSHF ADQZRSY
AKPQYMPDP TQYDZMGRPFPZ TKZIWDQZKGPRY,
Z AHEQYIDP LW AKPQY GYIH LMH LW WLAQYDP
WAZDPMP ZDZKF. AHEQYIDP LW GZ NYDYGHF
YDYSMKPRGHF KHFEHPDW.

U prvom koraku kriptozanalize (razbijanja poruke) postupamo tako da obratimo pozornost na frekvenciju slova u šifriranoj poruci.

Poruka se sastoji od 419 slova, a frekvencijska analiza pokazuje da se određena slova, poput Z i P, pojavljuju vrlo često. Zanimljivo je da se slovo F, koje je inače najrjeđe u hrvatskom jeziku, u šifriranom tekstu pojavljuje gotovo jednako često kao i slovo A, koje je inače najfrekventnije slovo u hrvatskom jeziku. Ovakav obrazac sugerira da je riječ o supstitucijskoj šifri, a ne transpozicijskoj. Podsjetimo se iz prošlog broja – transpozicijski sustavi ne mijenjaju slova supstitucijom, već samo premještaju njihovu poziciju u tekstu. Da je poruka šifrirana transpozicijskim sustavom, frekvencija slova u šifriranom tekstu odgovarala bi uobičajenoj frekvenciji hrvatskog jezika, što ovdje nije slučaj.

Vrijedi napomenuti da cilj ovog prikaza nije analiza složenijih šifriranih sustava, pa se neće provoditi dodatni testovi za njihovo utvrđivanje, jer bi to izlazilo iz okvira ove teme. Prikazat će se samo razbijanje jednostavne supstitucijske šifrirane poruke.

Pritom se možemo pozvati na Kirchhoffovo pravilo, koje kaže da se u praksi prije ili kasnije otkrije struktura kriptosustava, no ključ koji je korišten za šifriranje ostaje tajna i znatno ga je teže rekonstruirati. Sigurnost šifre se temelji na ključu, a ne principu, odnosno sustavu za šifriranje, kako je opisano u prethodnom broju. Upravo je to naš zadatak kao kriptanalitičara da poznamo o kojem se sustavu šifre radi, ali ne poznamo ključ.

Na slici 2 prikazana je frekvencijska analiza slova gornje šifrirane poruke.

Osim frekvencijske analize slova, također ćemo prikazati analizu frekvencije bigrama, ali samo prvih nekoliko najfrekventnijih bigrama u šifriranom tekstu. Najčešće se pojavljuje bigram DP, i to 12 puta u tekstu, zatim se 11 puta pojavljuje QY, zatim redom GZ, LW, PL, KZ, GH, i to 9, 9, 9, 7 i 6 puta. Najfrekventniji bigram u hrvatskom jeziku je JE. U našem šifriranom tekstu najčešće se pojavljuju DP i QY, što sugerira da jedan od njih odgovara bigramu JE. No, budući da im se frekvencije razlikuju tek neznatno, teško je sa sigurnošću utvrditi koji od njih predstavlja JE u otvorenom tekstu.

Sada ćemo u gornjoj šifriranoj poruci označiti samo prvih, recimo, 6 najfrekventnijih slova šifriranog teksta. To bi bila slova: P, Z, Y, H, D i W. Ta slova bi trebala predstavljati samoglasnike, a samoglasnici vole stajati odvojeno jedni od



Slika 2. Frekvencijska analiza slova u šifriranom tekstu

drugih. Međutim, moramo biti svjesni da među odabranim šifriranim slovima ima možda i neko slovo koje nije samoglasnik. U nastavku je opet prikazan šifrirani tekst s istaknutim slovima za koja pretpostavljamo da su samoglasnici – hipotetski samoglasnici.

GZPFY, W WMHKZS GZXYRYK THHTPDZ
LY ADQZRSZ SHQW LW UKZGRWLSP FYTPQP
HAPLZDP 'LSHKH AZ LZKLYGHF'. ADQZRSW LW
RKGHIHKRP PNXYDP UPDFLSP - PLSHKPLMPDP
LW MKYGWMZS SZTZ QY AHNGZMP IDWFZR
QYZG-RDZWY XZG TZFFY EPH W EDPNPGP,
W HAMPRP GZTHFZS TKZIWDQZKGPY, AZ LW
LXP, GZKZXGH, IDYTZDP W GOYIZ. WSKZDP
LW MZSH GZSPM XKPYTZG MKP FDPDPQWZ
YWKZ.

DHAXP LW GZXHTGH MPQYSHF
ADQZRSY AKPQYMPDP TQYDZMGPRPFZ
TKZIWDQZKGPY, Z AHEQYIDP LW AKPQY
GYIH LMH LW WLAQYDP WAZDPMP ZDZKF.
AHEQYIDP LW GZ NYDYGHF YDYSMKPRGHF
KHFHEPDW.

Analizirajmo označena šifrirana slova. Šifrirano slovo D moglo bi biti "uljez", odnosno suglasnik, a ne samoglasnik jer u većini slučajeva stoji u sredini između hipotetskih samoglasnika, primjerice THHTPDZ, HAPLZDP, PNXYDP, PLSHKPLMPDP i tako dalje. Teško je pronaći toliko puno riječi s tri uzastopna samoglasnika u nekoj poruci. Temeljem ove pretpostavke, izbacujemo šifrirano slovo D iz skupine mogućih samoglasnika te nastavljamo s hipotezom da su hipotetski samoglasnici P, Z, Y, H i W.

Tijekom razbijanja šifre isprobano je nekoliko hipoteza, ali ih većinu odbacujemo kao neutemeljene, te ih nema smisla ovdje prikazivati.

Nastavak na 24. stranici



MALA ŠKOLA FOTOGRAFIJE

Piše: Borislav Božić, prof.

RIJEČANKA 1 prve snimke

Manje-više, u tehničkom smislu, sve je gotovo do te mjere da se mogu početi raditi prve snimke. Pri izradi tih snimaka bit će testirani brojni konstruktivni elementi u pogledu njihove potpune funkcionalnosti. Ukoliko se uoče "greške", tj. ako neki dijelovi mogu biti poboljšani, kako bi konačne fotografije bile što bolje, bit će poduzeti odgovarajući koraci. Također, imam još četiri objektiva koja sam prilagodio za rad s Riječankom 1, pa i njih treba testirati.

S obzirom na to da treba testirati "tristo" sitnica, najlakše mi je bilo to napraviti u prostoru u kojem živim, a ne izlaziti na teren. Ako nešto treba odmah mijenjati, lakše mi je to učiniti kad imam sav potreban materijal pri ruci, nego na terenu gdje nemam ništa. Prve snimke snimao sam s balkona, kako prikazuje slika desno od ovog teksta. Kamera je usmjerena prema moru, prema dijelu riječke luke. S obzirom na to da se snima na fotopapir, potrebno je odabrati što pravilniju ekspoziciju.

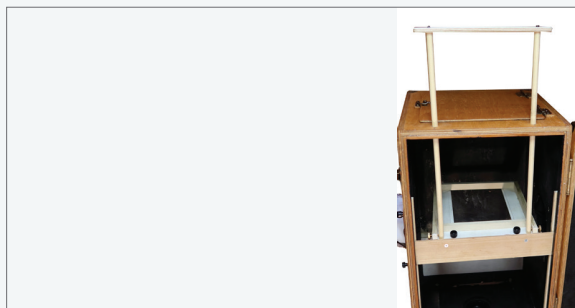


Lijevo od ovog teksta nalazi se snimka, tj. negativ scene koju vidim s balkona. Vrijeme ekspozicije bilo je dvije sekunde, a otvor blende postavljen na 90. Vidljivo je da je gornji dio kadra, odnosno nebo, preeksponirano, dok je donji dio, gdje se vidi dio grada i naselje Banderovo, malo podeksponiran. Teško je uskladiti ekspoziciju kada imate dva dijela kadra s vrlo različitom količinom svjetla.

Ovo je pozitiv, desno, od negativa s prethodne stranice. Snimano je objektivom Rodenstock 240 mm, otvorom 1:9 i kontinuirano do otvora 180. Objektiv je namijenjen za reprofotografiju i godinama je bio na reprouređaju u jednoj tiskari. Kad se počela uvo-
 diti digitalna tehnologija,



iz tiskarstva su preko noći istisnuti ovi reprouređaji. Mnogi su završavali na smetlištima. Ja sam uspio spasiti tri objektiv i jedan veliki mijeh. Slika lijevo prikazuje unutrašnjost Riječanke - mutno staklo na kojem se odražava snimana scena. Kod uobičajenih fotoaparata kada uoštravimo motiv, pomičemo leće unutar objektiv ili to za nas radi automatika. Kod ove kamere objektiv je fiksni i da bismo izoštrili željeni motiv, moramo pomicati konstrukciju na kojoj je mutno staklo. Nakon što izoštrimo, stavljamo fotopapir. Kad nam je fokus na željenom objektu, onda



tu poziciju fiksiramo štipaljkom; to prikazuje slika iznad ovoga teksta. Do nje desno nalazi se slika unutrašnjosti kamere, kako biste još jednom vidjeli konstrukciju koja nosi mutno staklo i koju pomičemo za fokusiranje. Kada smo postigli fokus, rukama kroz rukave ulazimo u unutrašnjost kamere i stavljamo fotopapir na mutno staklo. S obzirom na to da ovaj objektiv nema zatvarač, kako bismo eksponi-

rali skidam poklopac s objektiv i držim ga otvorenim onoliko koliko je potrebno.

Kod ovakvog otvaranja i zatvaranja objektiv uvijek postoji mogućnost manje pogreške, koju crno-bijeli fotopapir može podnijeti. Ukoliko dođe do manjeg odstupanja u ekspoziciji, kvalitetu snimke djelomično možemo popraviti kontroliranjem procesa razvijanja.



Ovim tipom kamere uglavnom se rade portreti na ulicama velikih gradova u Afganistanu, Egiptu, Meksiku itd., a ja sam prvu probu portretne fotografije uradio na balkonu. Klasična definicija portreta aže da je to dopojasna slika neke osobe. Neki autori snimaju cijelu figuru pa takvu sliku nazivaju portret, što nije ispravno. Radeći ove prve probne snimke, ustvari isprobavam i testiram sve ostale funkcionalne dijelove kamere, a posebno objektivne koje koristim. Kako sam već rekao, to su objektivni koji su se koristili na reprojektorima i imaju određene posebnosti. Gledajući ovaj portret, vidimo da ima blagu neoštrinu što može biti karakteristika objektiva, ali postoji i mogućnost da nisam dovoljno precizno izoštrio. U sljedećoj fazi moram sve ove detalje provjeriti kako bi svaka sljedeća snimka bila bez greške.





ANALIZA FOTOGRAFIJA

Mato Kaić

1885.–1967.

Mato Kaić rođen je 8. listopada 1885. godine u uglednoj obitelji livanjskoga trgovca Ante Kaića. U rodnome Livnu stekao je osnovnu naobrazbu, a nakon toga školovanje nastavlja u Nadbiskupskoj velikoj gimnaziji u Travniku (1896./1899.). Nakon treće godine vraća se u Livno gdje uspješno završava četvrti razred Trgovačke škole u šk. god. 1900./1901.



Fotografsku kameru nabavio je najkasnije 1902. godine u Beču i u ranoj se mladosti počeo baviti fotografijom. Najstarija sačuvana fotografija Kaićeva opusa datirana je upravo 1902. i čuva se u Arhivu Franjevačkoga samostana na Gorici. Otad pa do očeve smrti 1913., nesputan obvezama i zanesen umjetnošću često putuje, objektivom istražuje i snima dotad neviđene krajolike, znalački ih bilježi kamerom i otima od zaborava. Upravo u tom razdoblju nastaju prekrasni, sad već zaboravljeni prizori iz okolice Rijeke Dubrovačke (Sustjepana, gradske luke...), Splita i splitske gradske luke, Bačvica, Peristila, prizori s

piljaricama na splitskom Voćnom trgu te Sinjske alke. K tomu treba dodati i mnoštvo urbanih i ruralnih livanjskih motiva i brojne portrete i autoportrete. Kaićevu bogatu ostavštinu od 327 negativna, pozitivna i djapozitiva na staklu darovala je godine 2007. Franjevačkome muzeju i galeriji Gorica – Livno njegova kći Vojislava (Voja). Osim staklenih ploča u muzeju se čuva i Kaićeva kamera, fotografska oprema i dio stručne literature. Sudeći prema sačuvanoj opremi i priboru te kompletima periodike, o umijeću fotografiranja educirao se na izvorima, tj. u Europi.



Nastamba je bila prerađeni modul svemirske stanice, kružnog presjeka, poduprta stupovima, prekrivena poljem svjetloelektričnih ploča. U njoj je bilo mjesta taman za dva ležaja, nekoliko spremnika, dva mala radna stola, kuhinjicu te sanitarni čvor i tuš. Nije bilo prozora, ali je zato prsten kamera pokrivao 360 stupnjeva oko nastambe. Kamere su bile upravljane umjetnom inteligencijom koja je uključivala nadzorni zaslon kad bi se nešto pojavilo u blizini nastambe. Tik do vrata bili su niski spremnici, za kišnicu, za zamrznute gotove obroke, za alat. Baterije su bile na sigurnoj udaljenosti, u slučaju požara.

Bila je smještena u ravnici, prostranoj savani što je na sjevernom obzoru završavala tankom tamnom crtom: rub šume. Nad njom kao da je bdio planet, plinoviti div okružen prstenovima. Po ravnici su tu i tamo bila razbacana pojedinačna stabla. Petnaestak metara visoka, kišobranastih krošnji, listova poput kakvih grotesknh isplaženih jezika, dugačkih i do dva metra. Tri stabla rasla su jedno uz drugo na trideset metara od nastambe. Iz njih su se svaku večer dizala jata letikuna. Kružila su oko stabala po savani, tražeći sočne plodove i istovremeno oprasjujući cvjetove i rasprostirući sjemenke. Ni kukci i druge sitne životinje nisu bili sigurni od njih. Tuska je jedna letikuna ujela za lijevo rame. Nije bila duboka rana, a koliko se znalo, letikune nisu prenosile ništa slično bjesnoći. Sprej za dezinfekciju i zacjeljivanje te flaster, bili su dovoljni.

Tusk i Mina sjedili su za svojim stolom i jeli podgrijanu večeru.

“Koliko još obroka imamo?”, upita Tusk. Mina je bila zadužena da prati stanje zaliha.

“Mjesec dana. Poslala sam zahtjev za popunu. Jutros.” Antena tahionskog primopredajnika bila je udaljena pola kilometra od nastambe. “Ako ne budu razvlačili, dobit ćemo zalihe za deset dana.”

Tusk je kimnuo glavom. Trilobit u kutu tiho je usisavao prašinu.

Vani je puhalo. Vjetrovi nisu bili jaki, ali nado-knađivali su to upornošću.

Odjednom, Mina podigne pogled s tanjura. Uspravila se na stolcu.

“Čuješ?”

“Što?” Tusk je čuo samo fijuk vjetra. Mina je odgurnula tanjur i upalila zaslon. Prsti su hitro prebirali po tipkama nadzornih kamera, slike s njih mijenjale su se na zaslonu. Nisu primijetili ništa neobično. Samo vjetar što povija travu. Konačno je Mina slegnula ramenima.

“Samo vjetar, pretpostavljam.”

Tri dana kasnije vraćali su se elektroterencem s ispitnog nalazišta, udaljenog desetak kilometara.

Njihov zadatak bio je iskapati na zadanim položajima, uzimati uzorke tla i tražiti moguće fosile. Rezultati bi onda poslužili za planiranje budućih ekspedicija. Slanje pune ekipe ksenopaleontologa bilo je financijski neracionalno i zato parovi poput Mine i Tuska. Njihovo nije bilo da vade eventualne kosture, ali to nije značilo da na policama u nastambi nije bilo nanizano nekoliko malih lubanja, sličnih mišjima. Međutim, dosad im se nije posrećilo da nađu nešto stvarno spektakularno. Dok su se truckali neravnim tlom, kroz travu, Tusk se zapitao gube li ovdje vrijeme. Svejedno, čak i ovo što su našli moglo bi opravdati daljnja istraživanja. Ti miševi ili što već, razmišljao je, nisu tu živjeli u vakuumu. Malo ekstrapolacije prehrambenih lanaca i moglo se zamisliti štošta.

“Ti bi iz miševa surlaše i debelokošce”, Mina kao da mu je čitala misli. Taj dan je bio njen red da vozi.

“Ako ostane samo na onim miševima, nećemo se proslaviti.”

“Samo da dođem do tuša”, Mina će. Oboje su bili prašnjavi i znojni nakon cijelog dana na lokalitetu.

“Možemo zajedno”, dobaci Tusk. “Trošimo manje vode.” Nasmiješio se.

Mina ga je pogledala iskosa. Ali nije rekla ne.

Nad ravnicu navlačio se sumrak. Crveno pozicijsko svjetlo vodilo ih je do nastambe. Odjednom se Tusk uspravi u sjedalu i namršti.

“Što je?”, upita ga Mina. Gledao je prema ona tri stabla.

“Sad bi letikune trebale polijetati.” Iznad stabala nije bilo niti jedne.



Vani je kišilo, krupne kapi bubnjale su po oplati nastambe. Letikune su se vratile tek nakon dva dana, bez ikakva objašnjenja.

Nije bilo nikakve koristi od terenskog rada po kiši. Mina je čitala, dok je Tusk sastavljao preliminarni izvještaj o jednoj od iskopanih lubanja. Tusk je čitao, dok je Mina mjerila drugu iskopanu lubanju i zube u gornjoj čeljusti. Popodne su spavali. U istom krevetu. Nije bilo ničeg pametnijeg, pa im je barem moglo biti lijepo.

Kiša je do večeri stala. Nakon čišćenja opreme, bilo je vrijeme za večeru. Tusk je izašao izvaditi dva paketa gotovih obroka.

Uzeo je zamrznute pakete i zatvorio spremnik. Nastamba je bila premalena da bi zalihe bile u njoj. I zato vanjski spremnik.

Odjednom, Tusk zastane. Osjetio je val nemira kako ga preplavljuje. Dlake na rukama su mu se naježile. Stajao je, ne usuđujući se pomaknuti. Nije bio sam. Polako se okrenuo. Ničega. Čak ni kakve ambiciozne letikune. Duboko je udahnuo.

Pošao je prema ulaznim vratima.

A onda je na mokrom tlu spazio trag. Čudan, ali bio je siguran da ga prije nije vidio. Izgledao je kao da ga je ostavila kakva povelika zmija. Što god bilo, prošlo je na dva metra od ulaza. Dok je on vadio večeru. Bez ikakva glasa, poput kakve utvare. Odjednom je shvatio zašto su se letikune razile sa stabala.

Naravno, kad se vratio i bacio obroke na stol i, praćen Mininim začuđenim pogledom, zasjeo za zaslon, na njemu se nije vidjelo ništa. I to ga uopće nije začudilo, iako je trebalo biti nemoguće.

Dva dana kasnije, nakon što se tlo isušilo, odvezli su se na lokaciju. Tusk nije bio zadovoljan, prekinut u izradi vanjske rasvjete upravljane senzorom pokreta. Osnovne dijelove je složio, trebalo je samo uzeti male ljestve i bušilicu, pa postaviti svjetiljke. Smatrao je kako bi bila dobra ideja sastaviti izvještaj, ali za to je bilo potrebno imati nešto konkretno na kamerama.

A nadao se i da ih tako Zvijer, kako su oboje nazivali utvaru, neće zaskočiti u tami.

Svjetla su instalirali sutradan, isprobali su ih, i onda su otišli na teren. Stigli su dosta kasno. Potrošili su dan iskapajući neke sitne kosti udova i već se nad ravnicu navukla večer.

Tusk je vozio.

"Pogledaj!", poviče Mina. Do nastambe im je trebalo još par sto metara. Senzorska svjetla odjednom su se upalila, poput kakve novogodišnje jelke. Tusk je zakočio. Pograbio je dalekozor i skočio na vozilo, ali dok je izoštrio sliku, oko nastambe je opet zavladała tama.

"Meni se ne ide", tiho je procivila Mina, poput malog djeteta što se ne želi vratiti kući. Zvijer je bila tamo negdje i čekala ih je.

"Nije nam pametno biti ovako na otvorenom", odmahnuo je glavom Tusk. "Možda je samo neka

od ovdašnjih životinja.” U savani su živjele male četveroroge antilope i jelenčad, tri identificirane vrste grabežljivaca, niti jedna veća od hijene, te kojekakav sitniš u travi. Tusk je znao da će i one aktivirati sustav, ali želio ga je imati postavljenog, takvog kakav jest. Lažna uzbuna bila je bolja od nikakve. Osim toga, životinje su uglavnom zaobilazile nastambu, okruženu nepoznatim mirisima ljudi i tehnike.

Opet se upalilo svjetlo. Tusk je podigao dalekozor. Jasno je vidio nastambu i svjetla. I ništa drugo. Zar je Zvijer bila nevidljiva?

Iza leđa su začuli zavijanje. Čopor prugastih pasa mogao je biti neugodan, posebno po noći. Na prvi pogled, čovjek im je bio prevelik plijen. Ali lovili su u čoporu. I zato Tusk da gas i pođe prema nastambi.

A kad su se zaustavili pred vratima, vidjeli su na tlu nove tragove, poput zmijskih.

Straže. To je bilo najbolje čega su se mogli sjetiti. Po četiri sata pred zaslonima, pa smjena.

Mina je zijevnula. Bilo je dosadno, noć se vukla, tiha, tek malo vjetra u travi.

Odlučila je izaći. Tri noći svjetla se nisu palila. Možda je Zvijer – što god to bilo – otišla negdje drugdje. Uzela je sačmaricu (da, imali su i lovačko oružje) i tiho, da ne probudi Tuska, otvorila ulazna vrata.

Jasno, svjetla su se upalila čim je napravila dva koraka.

Pored ulaznih vrata bila je sklopiva stolica i Mina sjedne na nju. Svjetla su se ugasila. Plinoviti div bdio je nad planetom, gospodar svog svijeta prstenova i mnoštva mjeseca. Gledala je u noć. Osjetila je kako joj kapci postaju sve teži.

Opirala se snu.

Kad su se, desetak minuta kasnije, opet upalila svjetla iza nje, razbudila se u hipu. Pograbila je pušku i uperila je u tamu. Zadržala je dah dok je nešto prolazilo pored nje, nešto krupno, neopisivo, nestalnog, titravog oblika, nevidljivo, malo je bilo pred njom, nikad oštro, malo bi se rasplinulo poput oblaka. Tek masa što nečujno klizi ispod svjetla. Pomislila je da gubi razum. Morala bi biti u stanju vidjeti nešto tako veliko i osvijetljeno. Moralo bi se dati snimiti.

A onda je Zvijer – ako se to uopće moglo tako zvati – stala pred njom. Uperene puške, bila je skamenjena. Pucati! Ali u što? Osjetila je kako joj se nešto približava, oblila ju je studen, nepri-

rodna, kao da je grli zrak iz hladnjaka. Osjetila je tu masu što se nije dala vidjeti, spoznati, o kojoj se nije moglo izvući nikakav zaključak. Možda na metar ili dva od nje, a istovremeno kao da je dolazila iz dubina svemira. I vidjela je kako Zvijer ostavlja zmijolike tragove na zemlji pred njom, kao da ih iscrtavaju stopala neke egzotične plesačice s daleke Zemlje.

Sekunde su se razvlačile u beskonačnost. Negdje u zakutku njenog paraliziranog mozga znala je da je Zvijer doslovno istražuje, promatra, njuši. Nije se usudila ni pisnuti.

A onda je utvara otišla, tiho kao što je i došla. Svjetla nad Minom su se ugasila. Ostala je tako u stolici, tresući se, stežući pušku u rukama. U jednom trenutku joj je oružje iskliznulo iz ruku i palo na tlo. Ona kao da nije bila svjesna toga. Sjedila je ukipljeno sljedećih pola sata, dok je Tusk nije našao kad je došlo vrijeme da stupi na stražu.

Izvjешće su poslali tahionskom vezom ujutro. Kamere su se i ovaj put pokazale beskorisnima, mogli su priložiti tek snimke tragova.

“Da se preselimo?”, predloži Mina za doručkom.

“Kako? Nastamba je prebačena teretnom letjelicom. Preteška je za naše vozilo.” Tusk je bezvoljno stavio komad kruha u usta. Nije znao što da rade. Mogli su samo potrpati nešto zaliha i vode u vozilo, pa otići. Baterije im ne bi trajale do baze. I što kad bi stigli? Bi li im itko vjerovao? Ili bi ih smijenili i razriješili? To je znala i Mina.

“Možda nakon poruke netko dođe ovamo”, svejedno se ponadala.

“Možda.”

Tišina.

“Ali znaš što?”, Mina će nakon malo razmišljanja. “Nije nas napalo. A moglo je, bili bismo gotovi za nekoliko sekundi. Možda nije grabežljivac.”

“Možda. Ali čemu takva maskiranost? Ako mu ne treba za napad, onda mu treba za skrivanje.”

“Pred kime?”

Oboje su zašutjeli. Nije im bilo teško zamisliti način prikrivanja koji je koristila Zvijer. Oboje su imali dovoljno znanja iz biologije. Ima u svemiru podosta vrsta koje se maskiraju do potpune neuočljivosti.

“Jesi sigurna da želiš znati?”

Aleksandar Žiljak

Promotrimo ovaj dio šifrirane poruke "... WSKZDP LW MZSH GZSPM XKPQYTZG MKP FPDQPWGZ YWKZ. ..." Sada sa slovom D kao vrlo vjerojatnim suglasnikom. U šifri se nalazi jedna vrlo važna i izuzetna šifrirana riječ koja se sastoji od 4 slova, a u nju su "ugurana" čak 3 samoglasnika – što je rijedak slučaj. Radi se o šifriranoj riječi YWKZ. Zavirimo u autorov kriptološki priručnik i provjerimo sve moguće varijante četveroslovne riječi koje sadrže tri samoglasnika, pri čemu je predzadnje slovo suglasnik. Iz autorovog kriptološkog priručnika to bi bile sljedeće riječi: AUTO, AUTA, EURA, EURO, IAKO i IOLE. Možda postoji još koja riječ, ali autorov skromni priručnik dobiven obradom različitog teksta duljine 55 500 riječi daje samo ove navedene.

Riječ AUTA ima dva ista suglasnika A, zbog čega otpada, jer šifrirana riječ YWKZ nema dva ista slova. Ostaje nam EURA, EURO, IAKO i IOLE. Budući da je kraj rečenice riječ u šifriranoj poruci IAKO i IOLE je manje vjerojatno. Dakle ostaje nam ispitati riječ EURO ili EURA. Budući da je kod šifrirane riječi YWKZ, zadnje slovo Z koje je drugo najfrekventnije slovo u šifriranom tekstu, može više upućivati na slovo A nego na slovo O u otvorenom tekstu – jer je slovo A frekventnije od slova O u hrvatskom jeziku. Uvrštavanjem YWKZ = eura, odnosno; Y=e, W=u, K=r i Z=a u cijeli tekst dobijemo

... uSraDP Lu MaSH GaSPM XKPQeTaG MrP FPDQPuGa **eur**a. ...

Kako su P i Z najfrekventnija slova u šifri, a ako je slovo Z=a, prema frekvencijskoj analizi hrvatskog jezika (slika 1) drugo najčešće slovo trebalo bi biti I, dakle P=i.

... uSraDi Lu MaSH GaSPM XKiQeTaG **Mri FiDiQuGa eura**. ...

Sad je sve jasnije: "Mri FiDiQuGa eura" sada znači "tri milijuna eura".

Sada imamo dodatno odgonetnuta slova: M=t, F=m, D=l, Q=j (što potvrđuje i bigram QY=je) i G=n. Otkrili smo dio poruke i sada je sve lakše jer imamo dodatna slova koja su razotkrivena, a ona znatno pomažu u odgonetavanju ostatka šifrirane poruke. Dalje ostavljamo čitateljima da odgonetnu cijelu poruku na temelju odgonetnutih slova u šifri.

Ovaj redosljed i pristup otkrivanja šifrirane poruke nije univerzalan – tijekom kriptanalize mogao je ići i drugačijim putem. No, ono što je ključno jest da se uvijek započne s frekvencij-

skom analizom slova, nakon čega se pokušavaju odgonetnuti samoglasnici, budući da ih je manje i prisutni su u gotovo svakoj riječi.

Također, vrijedi skrenuti pažnju na kriptološki priručnik, koji se izrađuje statističkom obradom velike količine teksta na hrvatskom jeziku. U tu svrhu analiziraju se različite knjige i tekstovi raznih tema, s ciljem prikupljanja što većeg korpusa podataka. Tekst se zatim podvrgava statističkoj analizi, pri čemu se razdvajaju riječi s dva, tri, četiri, pet i više slova, dok se istovremeno bilježe izuzetne riječi koje mogu biti korisne za kriptoevalu.

Primjerice, riječ "najjednostavnije" lako je prepoznatljiva jer sadrži dva slova "J" i čak 16 slova ukupno. Slično tome, riječi koje ne sadrže samoglasnike, poput onih spomenutih u uvodu, također se lako identificiraju.

Kako bi se ovakva analiza mogla provesti na velikom broju tekstova, potrebno je koristiti računalne programe za obradu podataka. Danas je takve programe jednostavno izraditi prema vlastitim željama i potrebama, čak i bez programerskog znanja – zahvaljujući umjetnoj inteligenciji, koja može pomoći u programiranju prema našim željama.

Kako vježbati kriptoevalu?

Kriptoevalu nije samo teorijska disciplina – ona se može vježbati i usavršavati kroz praktične primjere. Postoji nekoliko načina kako razviti vještine u razbijanju šifriranih poruka: Zamolite nekoga da vam šifrira poruku koristeći jednostavne supstitucijske ili transpozicijske metode, a zatim pokušajte sami razbiti šifrirani tekst bez ključa. Samostalno šifrirajte više poruka koristeći dostupne softvere ili vlastite metode. Nakon nekog vremena (kad zaboravite izvorni tekst), pokušajte ih ponovno odgonetnuti primjenom frekvencijske analize i drugih tehnika. Izazovite prijatelje! Danas je to puno lakše zahvaljujući društvenim mrežama, gdje možete organizirati grupe posvećene šifriranju i kriptoevali, razmjenjivati izazove i testirati svoje vještine.

Kao i svaka vještina, kriptoevalu zahtijeva praksu. Što više eksperimenata napravite, to ćete brže razviti osjećaj za prepoznavanje uzoraka i uočavanje ponavljajućih struktura u šifriranom tekstu.

Zaključci jednog amaterskog kriptoa- nalitičara

Kroz ovaj članak pokazali smo kako se jednostavne šifre mogu razbiti pomoću frekvencijske analize slova. No, ako znamo kako razbijati šifre, možemo li ih i sami osmisliti? Povijest kriptografije pokazuje da samo oni koji razumiju principe kriptoeanalize mogu stvoriti sigurne algoritme. Pogledajmo što to znači u praksi.

Kroz povijest je bilo mnogo pokušaja ljudi amatera koji su htjeli osmisliti neku šifru koju nikad nitko neće razbiti. Njihovi algoritmi temeljili su se samo na kompliciranju. Na žalost niti jedan profesionalni kriptoeanalitičar nije imao dovoljno vremena i strpljenja buljiti u nečiju zakompliciranu šifru danima kako bi dokazao da je šifra nesigurna. Radi toga su amateri živjeli u uvjerenju kako ih nitko ne razumije.

Dobar algoritam ne temelji se samo na kompliciranju već na čvrstim matematičkim temeljima. Amateri često misle da ako je nešto teško razumljivo, onda je sigurno – ali profesionalci brzo pronađu slabosti u njihovom sustavu.

Engleski filozof Francis Bacon osmislio je jednostavnu binarnu šifru (A-B algoritam) koju je smatrao sigurnom. No, budući da nije imala matematičku snagu modernih algoritama, brzo je razbijena.

Početkom XX. stoljeća Edvard Hebern je dizajnirao rotorske strojeve za šifriranje, uvjeren da su neprobojni. Međutim, stručnjaci su ubrzo pronašli uzorke u njegovim metodama i razbili ih.

Međutim ovdje treba razlikovati amaterske kriptologe i one profesionalne.

U amaterskoj kriptografiji, pravilo je jednostavno: netko može osmisliti samo onoliko siguran kriptoealgoritam koliko sam može razbiti.

Ako osoba ne zna razbiti ni osnovni sustav poput Cezarove šifre, tada sigurno ne može stvoriti ništa sigurnije. Ako pak zna kako razbiti jednostavne supstitucijske i transpozicijske sustave, može dizajnirati samo sustave tog ranga, ali ne i naprednije metode zaštite. To je *kompetencijska granica* ili *granica znanja*.

Ovo je ključno pravilo jer amaterski kriptosustavi često nisu temeljeni na dubokoj matematici, već na intuiciji i logici njihovog kreatora. Takvi sustavi najčešće su sigurni samo dok ih ne pokuša razbiti netko tko razumije bolje metode kriptoeanalize.

Za razliku od amaterske kriptografije, moderna profesionalna kriptografija ne oslanja se na pojedinca, već na suradnju matematičara, kriptografa i računalnih stručnjaka.

Danas se koriste kriptoealgoritmi poput AES-a, RSA-a i ECC-a, koji nisu razvijeni na temelju znanja jedne osobe, već na temelju složenih matematičkih problema koje nitko još ne zna učinkovito razbiti... ili ih ipak zna?

U kriptografiji se često ponavlja tvrdnja da su moderni sustavi sigurni jer ih nitko ne zna razbiti. No, povijest nas uči da ne možemo znati tko je već razbio neki sustav i samo šuti o tome. Kriptoeanaliza nije kao klasična znanost – to je oružje. Prava snaga šifre ne ovisi samo o njejoj matematičkoj otpornosti već i o tome koliko dugo njezine slabosti mogu ostati skrivene.

Iako je razumijevanje kriptoeanalize ključno za testiranje sigurnosti sustava šifri, povijest pokazuje da se sigurni sustavi mogu razviti i matematičkom analizom, bez praktičnog razbijanja šifri. Claude Shannon, tvorac teorije informacija, postavio je principe sigurnog šifriranja bez da je ikad razbio neku šifru, no njegovi koncepti difuzije i konfuzije danas su osnova za moderne algoritme.

Međutim, razvoj novih šifriranih sustava nikada ne prestaje – svaka nova šifra zapravo je odgovor na slabosti prethodnih. Povijest šifriranja pokazuje da niti jedna šifra nije savršena zauvijek; ono što se nekad smatralo neprobojnim, kasnije je ipak razbijeno. Da su ranije šifre bile apsolutno sigurne, ne bi bilo potrebe za razvojem novih algoritama. Upravo zato, testiranje i napadi na postojeće šifre nisu samo način da ih razbijemo već i nužan korak prema stvaranju boljih i sigurnijih metoda šifriranja.

U kriptografiji postoji samo jedna savršena šifra. Sve ostale ovise o složenosti i vremenu potrebnom za njihovo razbijanje. O toj savršenoj šifri bit će više riječi u nekim od budućih članaka.

Dr. sc. Bojan Plavac



Pametni gradovi postaju još pametniji

O pametnim gradovima govori se godinama, ali se taj pojam u medijima često objašnjava površno ili čak netočno, ponekad isključivo s fokusom na nove tehnologije, ponekad s futurističkim ili čak znanstveno-fantastičnim pristupom. Što su zapravo pametni gradovi i koja je njihova svrha?

Što su pametni gradovi?

Strateški dokumenti Europske unije daju sljedeću definiciju: "Pametan grad je mjesto gdje tradicionalne mreže i usluge postaju učinkovitije korištenjem digitalnih rješenja za dobrobit njegovih stanovnika i poduzeća." Pametni gradovi su dakle gradovi koji se temelje na modelu urbanog razvoja koji integrira napredne tehnologije, kao što su umjetna inteligencija (AI), Big Data i Internet of Things (IoT), ostvarujući ciljeve kao što su učinkovitost resursa, smanjenje utjecaja na okoliš, poboljšanje dobrobiti građana te ekonomski i financijski učinkovita uprava. Vrijednost pametnog grada, međutim, ne leži toliko u korištenju naprednih tehnologija, već u sposobnosti stvaranja skladnog ekosustava, gdje infrastruktura, građani i usluge surađuju u ostvarivanju zajedničke vizije grada i urbanog života. Jedna od najvažnijih misija za pametne gradove je poboljšanje ekološke održivosti, odnosno

pokretanje projekata koji teže smanjenju emisije CO₂, optimizaciji korištenja energetske resursa, poboljšanju održavanja i brige o zelenim površinama u urbanim područjima. Osim u ekološku održivost, pametni gradovi ulažu u bolje korištenje resursa što također povećava društvenu održivost, čineći usluge dostupnima svima i također djelujući na proaktivan i predvidiv način kako bi pomogli najranjivijim slojevima stanovništva, koji obično imaju veće poteškoće čak i u pristupu uslugama na koje imaju pravo.

Međutim budućnost pametnih gradova će tijekom 2025. godine oblikovati tehnologije kao što su umjetne inteligencije i internet stvari (AI i IoT). Trendovi pametnih gradova za 2025. neće biti usmjereni samo na digitalizaciju urbanih sredina već i na stvaranje učinkovitijih, održivijih i osjetljivijih gradova koji poboljšavaju kvalitetu života svojih građana. Integracija umjetne inteligencije i interneta stvari bit će ključna u transformaciji načina na koji gradovi funkcioniraju, optimiziraju resurse i poboljšavaju održivost.

Podaci u stvarnom vremenu, potvrđeni rješenjima koja pokreću AI, bit će ključni u omogućavanju gradovima da donose brže odluke sa smanjenom mogućnošću pogreške. Integracija pametnih sustava mobilnosti i ekološki prihvatljivih tehnologija bit će ključna za poboljšanje

urbane učinkovitosti i smanjenje utjecaja na okoliš.

Uspón AIoT transformacije gradova kroz povezanu umjetnu inteligenciju (AI)

AIoT (umjetna inteligencija stvari) bit će jedan od najvažnijih trendova pametnih gradova u bližoj budućnosti. S porastom međusobno povezanih IoT uređaja, gradovi će generirati goleme količine podataka, a AI će obrađivati te podatke u stvarnom vremenu, omogućujući bolje informirano donošenje odluka. Sustavi za upravljanje prometom koristit će umjetnu inteligenciju za prilagodbu semafora i optimiziranje gradskog protoka, dok će sustavi za praćenje kvalitete zraka koristiti umjetnu inteligenciju za prepoznavanje razina onečišćenja i preporučiti mjere za smanjenje rizika za okoliš.

Tako će sustavi za upravljanje prometom koristiti umjetnu inteligenciju za obradu podataka sa senzora i kamera, predviđanje prometnih obrazaca i dinamičko prilagođavanje vremena semafora. Slično tome, sustavi praćenja kvalitete zraka pomoći će gradovima da otkrivajući razine onečišćenja i predlažu akcije u stvarnom vremenu.

Prediktivna analitika koju pokreće AI bit će nezamjenjiva u urbanom planiranju. Ova će tehnologija omogućiti gradovima predviđanje prometnih gužvi, potražnje za energijom i opasnosti za okoliš, osiguravajući poduzimanje proaktivnih mjera. U pojedinim dijelovima Zagreba već se koriste prediktivni modeli temeljeni na umjetnoj inteligenciji za poboljšanje upravljanja prometnim tokovima. Analizirajući podatke u stvarnom vremenu, umjetna inteligencija može predvidjeti koja će područja biti zagušena, što omogućuje vlastima da preusmjere promet ili prilagode rasporede javnog prijevoza kako bi se gužve svele na minimum. Prediktivna analitika omogućuje gradovima da planiraju unaprijed, optimiziraju resurse i sprječavaju probleme prije nego što se uopće pojave.

Veliku ulogu u budućim pametnim gradovima imat će njihovi digitalni blizanci, tj. virtualne replike fizičkih urbanih okruženja koje će postati ključni alati za urbano upravljanje. Integracijom podataka u stvarnom vremenu iz IoT senzora, digitalni blizanci stvaranjem virtualnog modela grada službenici mogu testirati različite scenarije urbanog razvoja, prije bilo kakvih fizičkih pro-

mjena. Gradovi poput Aachena u Njemačkoj već istražuju tehnologiju Digital Twin za poboljšanje protoka prometa i integraciju sustava obnovljive energije.

Održivost će ostati glavni prioritet pametnih gradova. Rješenja omogućena internetom stvari pomoći će gradovima da učinkovitije upravljaju energijom, vodom i otpadom. Pametne mreže koje integriraju obnovljive izvore energije i upravljaju distribucijom energije postat će norma. Amsterdam već koristi pametne mreže za praćenje i optimizaciju korištenja energije u cijelom gradu. Integriranjem obnovljivih izvora energije kao što su vjetar i sunce, pametne mreže s omogućenim IoT-om pomažu osigurati stalnu, održivu opskrbu energijom te u stvarnom vremenu pomažu upravljati gradskim resursima.

Budućnost gospodarenja otpadom u pametnim gradovima oslanjat će se na IoT senzore za praćenje razina otpada i optimiziranje ruta prikupljanja. Pametni sustavi za odlaganje otpada poput onih koji su već postavljeni u Parizu pružit će podatke u stvarnom vremenu kako bi se smanjila nepotrebna skupljanja gradskim kamionima za otpad, te na taj način smanjila potrošnja goriva i smanjile emisije, čineći gradove čistijima i učinkovitijima. Pariz je ovo ostvario postavljajući pametne kante za otpad koje koriste senzore za praćenje razine punjenja. Podaci s ovih senzora koriste se za optimiziranje rasporeda prikupljanja, osiguravajući da se spremnici prazne u pravo vrijeme, odnosno komunalni radnici izlaze na intervenciju tek na njihovu dojavu, a ne prema nekom rasporedu. Na ovaj način u gradskim blagajnama štedi se i novac, a gospodarenje otpadom postaje učinkovitije.

Tehnologije umjetne inteligencije i interneta stvari omogućuju gradovima da bolje predvide i ublaže učinke prirodnih katastrofa. Integracijom podataka u stvarnom vremenu sa senzora postavljenih na ključnim lokacijama, sustavi umjetne inteligencije moći će predvidjeti katastrofe poput poplava, potresa ili šumskih požara i pružiti rana upozorenja kako bi se smanjila šteta. U nekim gradovima u Španjolskoj, IoT senzori prate oborine i razine rijeka, a AI modeli koriste te podatke za predviđanje poplava. Sustav pruža rana upozorenja koja gradskim dužnosnicima omogućavaju postavljanje barijera protiv poplava i evakuaciju ugroženih područja. Kako klimat-

Nastavak na 31. stranici

Starter kit Geekcreit UNO R3 (3)

U ovom ćemo nastavku pokazati kako koristiti digitalne ulaze i izlaze pločice Arduino UNO.

Pod pojmom "digitalni izlaz" podrazumijevamo priključak koji može poprimiti dva stanja: logičku nulu i logičku jedinicu. Ova logička stanja odgovaraju naponima od 0 V i 5 V. Svaki od digitalnih izlaza može dati (kada je u stanju "1") ili povući (kada je u stanju "0") struju do 40 mA. Mi ćemo naše sklopove projektirati na način da ta struja ne bude veća od 20 mA.

Pod pojmom "digitalni ulaz" podrazumijevamo priključak koji može razlikovati ista dva logička stanja, "0" i "1". Mikroupravljač ATmega328P ulazni će napon u rasponu od -0,5 V do 1,5 V protumačiti kao logičku nulu, dok će napon u rasponu od 3,0 V do 5,5 V tumačiti kao logičku jedinicu. Navedeni rasponi odgovaraju naponu napajanja od 5 V, kakav koristi Arduino UNO.

Pločica Arduino UNO ima 14 digitalnih priključaka, obilježenih oznakama 0 do 13 (Slike 2 i 9). Oni su povezani s pinovima mikroupravljača ATmega328P, koji mogu biti programski konfigurirani kao ulazni ili kao izlazni. Posljedično, i svaki od priključaka 0–13 moći ćemo koristiti kao digitalni ulaz ili kao digitalni izlaz, ovisno o

tome kako smo napisali naš program. Zapravo, i analogni ulazi na pločici Arduino UNO, A0 do A5, mogu se po potrebi koristiti i kao digitalni ulazi ili izlazi, u kojem slučaju ih možemo adresirati i numeričkim oznakama 14 do 19. Tako na pločici Arduino UNO raspoložemo s ukupno 20 priključaka, čije su digitalne karakteristike jednake prije navedenima.

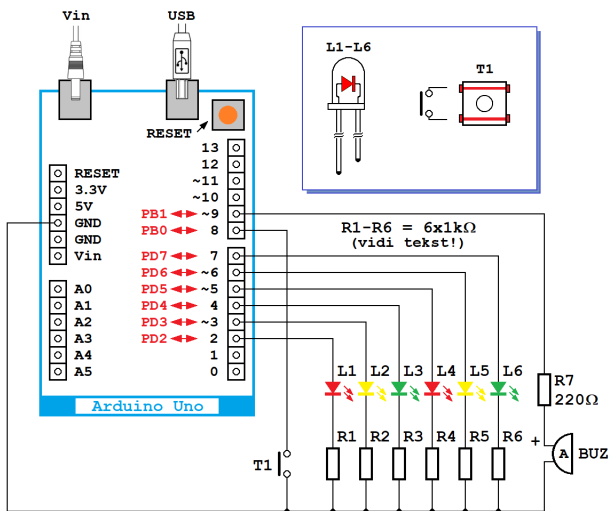
Shema sklopa za koji ćemo pisati programe u ovom nastavku prikazana je na Slici 13. Tipkalo T1 spojili smo na priključak 8 pa ćemo taj priključak koristiti kao digitalni ulaz. Priključci 2–7, na koje smo spojili svjetleće diode L1–L6, bit će digitalni izlazi: njima ćemo paliti i gasiti svjetleće diode. Dioda L2 i L5 su žute boje; prisjetimo se, takvih dioda nema u originalnom kompletu Geekcreit pa ih trebamo dokupiti ili ćemo umjesto njih koristiti plave.

Pojedina dioda zasvijetlit će kada pridruženi izlaz programski postavimo u stanje "1", a struje kroz diode ograničene su otpornicima R1–R6 na 2,5–3 mA (struja ovisi i o padu napona na diodi, koji se razlikuje kod dioda različite boje). Koristimo još jedan digitalni izlaz, 9, pomoću kojega upravljamo radom aktivne zujalice BUZ.

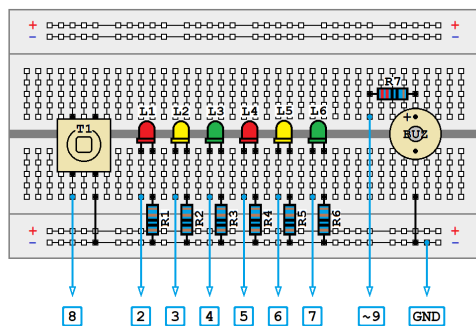
Ona ima ugrađen oscilator i zapištat će čim je spojimo na napon od 5 V, odnosno, kada izlaz 9 postavimo u stanje "1".

U kompletu Geekcreit dvije su zujalice, aktivna i pasivna: aktivna je ona sa zaštitnom naljepnicom, koju treba ukloniti prije upotrebe. Kako pištanje ne bi bilo preglasno, u seriju sa zujalicom spojili smo otpornik R7 – njime smo snizili radni napon zujalice i struju kroz nju na oko 8 mA, pri čemu je zujalica još uvijek dovoljno glasna.

Kako ćemo komponente rasporediti na velikoj testnoj pločici prikazuje Slika 14. Kod postavljanja svjetlećih dioda moramo paziti kako ih okrenuti: katoda je kraći izvod, odnosno, izvod pored kojeg je rub kućišta odrezan. Taj "odrezani" rub je prikazan i na Slici 14, ali je bolje uočljiv na Slici 13 gore desno. Pored svjetleće diode, na Slici 13 prikazan je i



Slika 13. Shema sklopa koji ćemo "oživjeti" programima Geekcreit_2.ino i Geekcreit_2.bas

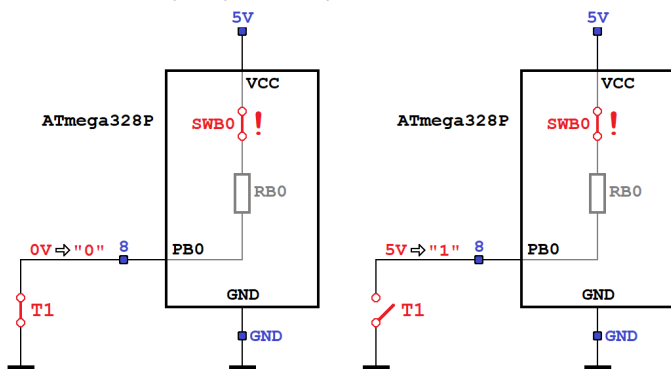


Slika 14. Ovako ćemo posložiti komponente na veliku testnu pločicu

crtež tipkala iz kompleta Geekcreit. Uočimo kako su od četiri priključka na tim tipkalima, dva i dva međusobno povezana unutar kućišta, pa tipkalo T1 treba postaviti točno kako je na Slici 14 prikazano. Na kućištu aktivne zujalice je označen + izvod i njega treba okrenuti prema otporniku R7. Oznaka se ponekad ne vidi baš jasno pa, okrenemo li slučajno zujalicu naopako, ona neće moći proizvoditi zvuk. Pritom se neće dogoditi ništa loše: otpornik R7 zaštitit će i zujalicu i mikroupravljač od oštećenja.

Prije nego li postavimo programski zadatak, naučimo još nešto o digitalnim ulazima. Povežemo li digitalni ulaz na izlaz nekog sklopa ili senzora koji "proizvodi" napone unutar prije navedenih raspona, mikroupravljač će ih raspoznavati kao digitalnu nulu ili jedinicu. Međutim, povežemo li na digitalni ulaz tipkalo ili sklopku, mikroupravljaču će biti potrebna pomoć da ustanovi, u kojem se stanju to tipkalo ili sklopka nalaze.

Crtež na Slici 15 ilustrira kako to obično radimo. Tipkalo T1 spojeno je na priključak 8 pločice



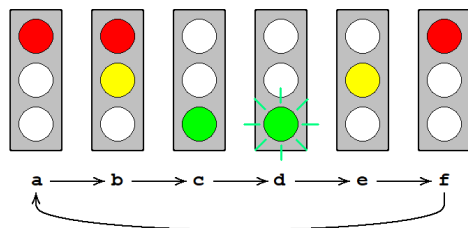
Slika 15. Ilustracija uz objašnjenje digitalnih ulaza

Arduino UNO, jednako kao na shemi sa Slike 13, a priključak 8 povezan je s pinom PB0 mikroupravljača ATmega328P. Unutar mikroupravljača su svim ulaznim pinovima pridruženi tzv. *pull-up* otpornici i sklopke, kojima te otpornike možemo povezati na napon napajanja, Vcc. *Pull-up* otpornik i sklopku pina PB0 smo na shemi obilježili oznakama RB0 i SWB0. Kada je sklopka SWB0 zatvorena, napon na pinu PB0, odnosno na priključku 8 pločice Arduino UNO, ovisit će o stanju tipkala T1:

Ako je tipkalo T1 pritisnuto, njegov kontakt zatvoren je i čini kratki spoj prema masi; napon priključka 8 i pridruženog pina bit će 0 V pa program u mikroupravljaču očitava logičku nulu i po tome "zna" da je tipkalo pritisnuto.

Ako tipkalo nije pritisnuto, njegov kontakt je otvoren; napon priključka 8 i pridruženog pina bit će 5 V pa program u mikroupravljaču očitava logičku jedinicu i po tome "zna" da tipkalo nije pritisnuto.

2. programski zadatak



Slika 16. Faze rada semafora

Svjetleće diode L1 (crvena), L2 (žuta/plava) i L3 (zelena) sa slika 13 i 14 čine semafor koji radi na sljedeći način:

- crvena LED-ica L1 svijetli dok kratkotrajno ne pritisnemo tipkalo T1
- kad pritisnemo tipkalo T1, pored crvene pali se i žuta/plava LED-ica L2
- po isteku 2 sekunde, gase se crvena i žuta/plava, a pali se zelena LED-ica L3

- ovo stanje zadržava se dok ponovo kratkotrajno ne pritisnemo tipkalo T1
- kad pritisnemo T1, zelena LED-ica četiri će se puta naizmjenično ugasiti i upaliti u trajanju od po 250 ms
- nakon toga gasi se zelena i pali žuta/plava LED-ica
- po isteku 2 sekunde gasi se žuta/plava, a pali crvena LED-ica
- ovo stanje zadržava se dok se ponovo ne pritisne tipkalo T1.

Svaki pritisak na tipkalo T1 treba potvrditi kratkotrajnim zvučnim signalom zujalice BUZ.

Arduino rješenje (program Geekcreit_2.ino)

Primijetimo kako semafor ima dvije radne faze: prelazak svjetla iz crvenog u zeleno i prelazak svjetla iz zelenog u crveno. Zbog toga ćemo na prikladan način morati pratiti u kojoj se fazi rada semafor nalazi. To ćemo postići upotrebom varijable SF, u kojoj zapisujemo trenutno stanje semafora. Stanjima ćemo pridružiti vrijednosti 0 i 1, pri čemu "0" označava da na semaforu svijetli crvena LED-ica, a "1" označava da na semaforu svijetli zelena LED-ica. Za svaku fazu programirat ćemo zasebnu funkciju.

Pa krenimo! Najprije ćemo definirati varijable s nazivima komponenti i pripadajućim pinovima. Na primjer, za LED-icu L1 koristit ćemo varijablu naziva L1 i pridružiti ćemo joj pin broj 2:

```
byte L1 = 2;
byte L2 = 3;
byte L3 = 4;
byte T1 = 8;
byte BUZ = 9;
byte SF = 0;
```

Sada moramo u funkciji `setup()` konfigurirati pinove za LED-ice L1, L2, L3 i zujalicu BUZ kao izlazne, a pin za tipkalo T1 definiramo kao ulazni pin s uključenim *pull-up* otpornikom. Odmah ćemo uključiti crvenu LED-icu:

```
void setup() {
  pinMode(L1, OUTPUT);
  pinMode(L2, OUTPUT);
  pinMode(L3, OUTPUT);
  pinMode(T1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BUZ, OUTPUT);
  digitalWrite(L1, HIGH);
}
```

U funkciji `loop()` provjeravamo je li pritisnuto tipkalo T1 pomoću funkcije `digitalRead()`. Prisjetimo se: kada tipkalo T1 nije pritisnuto, na pinu 8 je 5

V i očitava se logička jedinica; kada je tipkalo T1 pritisnuto, na pinu 8 je 0 V i očitava se logička nula. Ako je tipkalo T1 pritisnuto, uključimo zujalicu u trajanju od 100 ms i nakon toga je isključimo.

```
void loop() {
  if (digitalRead(T1) == 0){
    digitalWrite(BUZ, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(BUZ, LOW);
  }
```

Zatim provjeravamo u kojem je stanju semafor. Ukoliko je u stanju uključene crvene LED-ice (vrijednost varijable SF je 0), pokrenemo funkciju `sf0()` i promijenimo stanje varijable SF u 1. U suprotnom, pokrećemo funkciju `sf1()` i promijenimo stanje varijable SF u 0.

```
if (SF == 0){
  sf0();
  SF = !SF;
} else {
  sf1();
  SF = !SF;
}
}
```

U funkciji `sf0()` svijetlo prelazi iz crvenog u zeleno: uključimo žutu/plavu LED-icu L2, pričekamo dvije sekunde (= 2000 ms), zatim isključimo crvenu i žutu/plavu LED-icu L1 i L2 i uključimo zelenu LED-icu L3:

```
void sf0(){
  digitalWrite(L2, HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(L1, LOW);
  digitalWrite(L2, LOW);
  digitalWrite(L3, HIGH);
}
```

U funkciji `sf1()` svijetlo prelazi iz zelenog u crveno: zelena LED-ica L3 naizmjenično se četiri puta uključi i isključi u trajanju od po 250 ms, nakon čega ćemo je ugasiti. Odmah zatim palimo žutu/plavu LED-icu L2, pričekamo dvije sekunde, isključimo je i konačno palimo crvenu LED-icu L2.

Za naizmjenično uključivanje i isključivanje LED-ice L3 koristimo petlju *for* u kojoj definiramo da se vrijednost varijable *i* mijenja od 0 (*int i = 0*) do 3 (*i < 4*) s uvećanjem 1 (*i++*) te uključujemo i isključujemo LED-icu L3 s pauzama od 250 ms. Kako se naredbe za uključivanje i isključivanje LED-ice nalaze unutar petlje, izvršit će se 4 puta:

```
void sf10{
  for (int i = 0; i < 4; i++){
    digitalWrite(L3, LOW);
    delay(250);
    digitalWrite(L3, HIGH);
    delay(250);
  }
  digitalWrite(L3, LOW);
  digitalWrite(L2, HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(L2, LOW);
  digitalWrite(L1, HIGH);
}
```

```
}
```

U sljedećem nastavku pokazat ćemo kako isti zadatak možemo riješiti u programskom jeziku Bascom-AVR!

Napomene: Članak je izvorno objavljen u slovenskom časopisu *Svet elektronike*. Za objavljivanje u časopisu *ABC tehnike* prilagodili autori. Program `Geekcreit_2.ino` možete besplatno dobiti od uredništva časopisa *ABC tehnike*.

Vladimir Mitrović i Robert Sedak

INOVATORSTVO

Pametni gradovi postaju još pametniji

Nastavak s 27. stranice

ske promjene povećavaju učestalost i ozbiljnost takvih događaja, odgovor na katastrofe vođen umjetnom inteligencijom postat će ključan za zaštitu urbanog stanovništva.

AI će također promijeniti način na koji gradovi komuniciraju sa svojim građanima i turistima. Korištenjem podataka u stvarnom vremenu i algoritama umjetne inteligencije, gradovi će moći isporučiti personalizirane usluge što će poboljšati kvalitetu turističke ponude.

Zaključak

Pametni gradovi izazivaju velik interes jer otvaraju mogućnosti za promicanje veće učinkovitosti u velikim gradovima. To je posebno istaknuto u području održivosti okoliša, smanjenja prometnih gužvi i postizanja energetske učinkovitosti. Pametnim gradovima stvara se odnos između tehnologije i društva koji nas gura

u budućnost. Tehnologije stupaju u interakciju s ljudskim ponašanjem i na taj način mogu potaknuti kolektivnu promjenu ponašanja velikog broja ljudi pružanjem pravovremenih informacija. Tek ćemo vidjeti hoće li pametni gradovi stvoriti pametne stanovnike (*smart citizens*) ili će naprotiv uzrokovati pasivnost i nezainteresiranost u osobnom doprinosu u brizi za okoliš i smanjenju otiska CO₂. Jer ukoliko pametni semafori omoguće bolji protok prometa tada će manji broj vozača biti zainteresiran da svakodnevno na posao putuje javnim prijevozom. Na ovaj način se postojeći problem samo olakšava, a nikako rješava. Zato je uvođenje pametnih gradova tek početak, nikako kraj, a njihovo kontinuirano poboljšavanje i postajanje sve pametnijima nužnost, a ne opcija!

Ivo Mišur



SMART CITY ASIA 2025
The 4th International Smart City Exhibition and Forum
May 07 (Wed) - 09 (Fri), 2025
SECC, Ho Chi Minh City, Vietnam

- INFRASTRUCTURE SHOW
- SMART TECH SHOW
- AI/BIGDATA SHOW
- ENERGY SHOW
- LIGHTING SHOW

Širenje robotizirane kirurgije

Robotska kirurgija ili, prema prihvaćenoj terminologiji, "Robotski potpomognuta kirurgija" (od engleskog *robotic-assisted surgery* – RAS) dio je šireg područja medicinske robotike koje je, po brojnosti ali i veličini tržišta civilnih profesionalnih servisnih robota, na trećem mjestu u odnosu na logističke ili uslužne robote. Udio medicinske robotike na tržištu servisnih robota bio je i do sada znatan, a očekuje se da će u budućnosti biti još veći.

Globalno tržište kirurških robota 2024. godine iznosilo je oko 75 milijardi američkih dolara, a do 2030. očekuje se rast do 120 milijardi. Razlog širenja je dokazana prednost liječenja primjenom robota u odnosu na klasične kirurške metode. Jedino što sprečava još brže i veće širenje je visoka cijena.

Udio kirurga školovanih za izvođenje robotima potpomognutih operacija u općoj kirurgiji iznosio je 2012. godine oko 9% da bi se do 2018. povećao na 35%. Danas je taj postotak veći od 50% s trendom daljnjeg rasta.

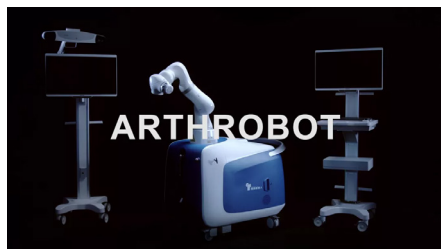
Robotima potpomognuta kirurgija nastala je početkom 80-ih godina XX. st., a izravni poticaj došao je iz pozitivnih iskustava laparoskopskih uređaja za neinvazivne zahvate, ali i točnosti pozicioniranja industrijske robotičke ruke kod umetanja, primjerice, moždanih sondi za elektrostimulacije u mozak ili vijaka kod ope-

USVAJANJE KIRURŠKE ROBOTIKE.

Statistika pokazuje da su tehnike robotske kirurgije najviše usvojile sveučilišne bolnice (85%). Robotsku kirurgiju usvojilo je oko 43% bolnica s manje od 200 kreveta, dok tek 15% bolnica s više od 500 kreveta primjenjuje tehnike robotske kirurgije.

racija zglobova. Drugi važan čimbenik nastanka robotizacije kirurgije bio je razvoj digitalizirane dijagnostike, poput računalne tomografije (CT) i magnetske rezonancije, iz koje se dobivaju numerički podaci potrebni za planiranje i vođenje robota tijekom medicinskog zahvata. U prvoj neurokirurškoj operaciji na mozgu kirurg je mogao nadzirati vrlo precizne pokrete stroja PUMA 200. Danas se takve operacije smatraju jednostavnijim robotiziranim kirurškim zahvatima. Nedugo potom u Velikoj Britaniji korištena je laparoskopska oprema s videonadzorom za uklanjanje raka prostate. Kod takvih zahvata, osim točnosti, važna je i strpljivost kod izvođenja ponavljajućih pokreta, a tu robotizirani uređaji mogu pomoći.

Iako su još uvijek dominantni u četiri područja (s više od 10% ukupne primjene: urologija – 45%, torakalna kirurgija – 16%, gastrokolorektalna – 14%, opstetrijsko ginekološka – 12%) danas se robotima potpomognuta kirurgija širi u goto-



UVOĐENJA ROBOTA U KIRURGIJU. Robotska asistencija u neurokirurgiji započeta je još 1985. godine, što se obično navodi kao početak robotizirane kirurgije (slika u sredini). No već početkom 80-ih godina XX. st. u Kanadi su izvođene robotizirane operacije ugradnje umjetnih kukova. Roboti za asistenciju u ortopedskoj kirurgiji (slika lijevo) dobili su i prvo dopuštenje za upotrebu od Agencije za lijekove SAD-a. Za razliku od te dvije uporabe koje se izravno referiraju na točno pozicioniranje klasičnih robotskih ruku, roboti za opću kirurgiju u suštini su haptički teleoperatori s ishodištem u neinvazivnoj laparoskopiji. Njihova primjena znatno ovisi o *real-time* vizualizaciji unutrašnjosti tijela gdje se operira. Učinkovitost robotičke kirurške asistencije najuočljivija je u amortizaciji pogrešaka pomaka ljudske ruke (tremor). Robot "Da Vinci", s četiri manipulatora (slika desno) dislociran od operaterske kontrolne jedinice, od uvođenja 2000. godine postao je sinonim za robotsku kirurgiju. Sve primjene robotičke kirurgije podrazumijevaju 3D-pripreme rekonstrukcije zahvata koji će se izvesti. Navedeni primjeri poslužili su za daljnja širenja kirurških robota u donedavno nezamisliva područja.



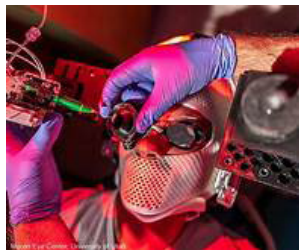
ROBOTI U ZUBNOJ PROTETICI I HIGIJENI. Robotika znatno utječe na područja dentalne protetike i dovođenje zuba u ispravan položaj (ortodoncija). Sustav “da Vinci” (kojih je više od 6000 širom svijeta) nije univerzalan i nije ga moguće u zubarskoj praksi koristiti po pristupačnoj cijeni za širi krug pacijenata. Stoga su razvijeni roboti za različite zahvate protetike koji rade uz stalan nadzor obučenog stomatologa. Prvi svjetski računalni navigacijski robotski sustav za povećanje kliničke točnosti kirurgije zubnih implantata bio je YOMI tvrtke YOMITM (slika u sredini). Koristi se od 2017. godine i omogućava fizičku asistenciju robota koji vodi ruku kirurga pri izvedbi točno planiranog položaja, dubine i orijentacije bušilice. Cijeli postupak kirurg prati na monitoru. Stroj sprečava odstupanje ruke operatera. Navigacijski sustav pruža visoku predvidljivost i preciznost tijekom pripreme osteotomije (rezanja i bušenja kosti) zubnih implantata (slika desno). Koristi vibracijske povratne informacije za navođenje operatera. Međutim, robot YOMI još je uvijek relativno skup. Na slici lijevo je autonomni sustav za čišćenje zuba od kamenca.

vo sva područja medicine. Robotska prostatektomija (uklanjanje raka prostate) danas je uobičajen kirurški zahvat zbog prednosti smanjenog gubitka krvi, kraćeg boravka u bolnici i bržeg oporavka. Još 2019. godine robotima je u SAD-u izvedeno 87% prostatektomija. Robotizirana histerektomija (minimalno invazivno uklanjanje maternice) izvedeno je u 60% svih operacija. Robotski potpomognuti srčani kirurški zahvati korišteni su u 20% slučajeva.

Robotske ruke primjenjuju se danas i u stomatologiji. Od naizgled jednostavnog testiranja dizajna i izdržljivosti četkica za zube kod pranja i čišćenja zubi, preko korištenja edukacijskih robota za učenje djece pravilnom pranju zubi do liječenja korijenskih kanala zuba i uklanjanje plaka.

Roboti se koriste i u maksilofacijalnoj kirurgiji za pripremu zuba, u ortodonciji i pomicanju čeljusti, raspoređivanje zuba za potpune proteze, rendgensku radiografiju i sl. Primjena robotike vezana je i uz pojednostavljenje klasičnih ručnih postupaka ili povećanje točnosti njihova izvođenja. Glavne primjene robota u protetici su u dizajniranju i proizvodnji potpunih ili djelomičnih proteza, kao i u asistenciji u stomatološkoj kirurgiji implantata. Rezultati su uspješnije liječenje, veća točnost i znatno skraćivanje vremena izvršenja zahvata.

Napretkom u ekspertnim znanjima korištenjem umjetne inteligencije pri snimanju zuba mijenjaju se dijagnostički postupci jer UI algoritmi mogu označiti snimljene detalje nevidljive ljudskom oku. To rezultira ranijim i točnijim



OČNA KIRURGIJA I PRESADIVANJE KOSE. Operacije na mrežnici, vrlo osjetljivom dijelu oka, zahvati su velikih rizika jer se mora pažljivo nadzirati čak i pacijentovo disanje, pokreti očiju, ali i drhtanje ruku kirurga dok radi na sloju stanica debljine manje od milimetra. Robot za operaciju mrežnice (slika desno) vrlo je precizan, izvodi pokrete veličine jednog mikrometra što je manje od veličine jedne ljudske stanice. Montira se izravno na glavu pacijenta pomoću kacige, tako da se kompenziraju i najsitniji pokreti pacijentove glave te da je oko mirno za pozicioniranje robota. Haptičko sučelje robota smanjuje pokrete kirurga tako da ih čini primjerenim veličini operacije unutar oka, a kompenzira i drhtanje ruku.

ARTAS sustav za presađivanje kose (slike u sredini i desno) precizno i inteligentno prikuplja i ugrađuje pojedinačne folikule (korijen vlasi) bez upotrebe skalpela i šavova, pa nema ožiljaka. Robotska metoda omogućuje preciznost i brzinu, čineći postupak bržim od ručnih metoda presađivanja kose.



MIKROKIRURGIJA I KIRURGIJA KRALJEŠNICE. MUSA-3 (slika lijevo i u sredini) je prvi mikrokirurški robotski sustav za otvorenu mikrokirurgiju na svijetu. Ovaj robotski asistent klinički je i komercijalno dostupan nakon što mu je izdano odobrenje za uporabu. Razvijen je da bi pomogao kirurzima poboljšati preciznost rada u mikrokirurgiji. Sastoji se od kirurške konzole i robotskih kolica za ruku. Presudno je i korištenje posebnih digitalnih ili hibridnih mikroskopa. Kirurg koristi jednokratne instrumente koji se učvršćuju na adaptere. Set instrumenata košta 2000 USD po operaciji. Cijena robota je milijun dolara.

Robotski potpomognuta minimalno invazivna kirurgija kralješnice (slika desno) koristi navigacijski sustav u kojem računalno spaja snimke s CT-a ili rendgena pri mapiranju anatomije i vodi neurokirurge. Znatno se snižava razina izloženosti zračenju pacijenta i operacijskog tima što daje mogućnost boljeg planiranja rezova i složenog postavljanja vijaka kod izvođenja spajanja kralješaka i imobilizacije kralješnice. Pacijenti koji nakon klasičnih zahvata na kralješnici provode u bolnici više dana uz minimalno invazivnu operaciju otpuštaju se nakon 24 sata. Smanjuje se količina boli i potreba za lijekovima, a ubrzava oporavak.

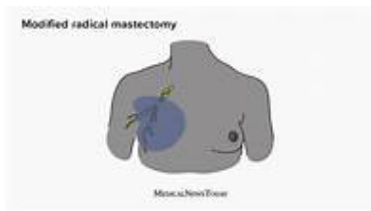
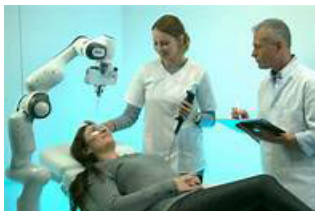
dijagnozama stanja kod karijesa, bolesti desni ili raka usne šupljine.

Robotika mijenja i područja dentalne protetike i ortodontije. Automatizirani sustavi, ali klasične i industrijske robotičke ruke koriste se za projektiranje i proizvodnju zubnih proteza s većom preciznošću. U ortodontiji robotika pomaže u planiranju i provedbi planiranih liječenja, omogućujući preciznije usklađivanje i kraće vrijeme liječenja.

Robotika je dovela do promjena i u estetskoj kirurgiji. Primjer je ARTAS, robotski sustav za transplantaciju (presađivanje) kose koji koristi 3D-videouređaje za planiranje personaliziranog dizajna kose. Stereoskopski vidni sustav visoke

Unatoč obećavajućim prednostima primjene robotike i UI u stomatologiji postoje problemi i ograničenja primjene poput visokih troškova implementacije, potrebe za stalnom obukom i prilagodbom operatera kirurga te potreba za održavanjem ljudskog dodira u njezi pacijenata. Sustavi UI dobri su onoliko koliko su dobri podaci na kojima su trenirani, što može ograničiti njihovu učinkovitost.

različivosti i robotska ruka uz primjenu ekspertnih algoritama umjetne inteligencije određuju najbolje folikule (kožna struktura iz koje dlaka raste) dlake pogodne za presađivanje. Folikuli se prikupljaju s velikom preciznošću i brzinom kako



ESTETSKA, KOZMETIČKA I REKONSTRUKTIVNA PLASTIČNA KIRURGIJA. U estetskoj i rekonstruktivnoj kirurgiji najbolje se vidi isprepletenost robotike i umjetne inteligencije koja se koristi u planiranju operacije kako bi se pacijentima u najvećoj mogućoj mjeri približili ishodi liječenja. Korištenje robota u estetskoj i kozmetičkoj kirurgiji povećava točnost izvođenja rezova uz smanjenu vidljivost ožiljaka. U zadnja dva desetljeća robotski potpomognuta kirurgija dovedena je do razine rutinskih zahvata u brojnim područjima, ali je ostalo gotovo netaknuto područje plastične kirurgije. No posljednjih godina povećao se broj operacija u rekonstruktivnoj kirurgiji nakon uklanjanja dojke (slika desno). Primjena robota smanjila je krvarenje uz poboljšan estetski ishod. Izvedivost i sigurnost robotiziranih operacija sve je veća. U estetskoj kirurgiji lica ubrizgavanje botoksa prepušta se robotskim rukama poput francuske LENE (slika lijevo). Takve procedure trebale bi postati norma. Razlog je 3D-planiranje operacija lica sa svim točkama ubrizgavanja koje se prenose na robota koji potom vrlo precizno s točnošću od 0,1 mm uštrcava točno predviđenu dozu medikamenta.

18. ROBOKUP

ekipno natjecanje učenika viših razreda osnovnih škola
iz elementarne robotike, koje će se održati

25.- 27. 04. 2025.

Hotel Plavi, Poreč



bi se očuvao prirodan izgled donorskog područja tako da ne nastaju ožiljci. Postupak ARTAS identificira optimalno mjesto za presađivanje i istovremeno presađuje (implantira) prikupljene folikule dlake.

Minimalno invazivni proces štiti postojeću zdravu kosu i održava prirodan izgled u dijelu vlasišta s kojega se kosa uzima, kao i u području gdje se presađuje. Rezultat je gušća kosa, a prirodan i trajni rast kose počinje nakon šest mjeseci s kontinuiranim rastom tijekom vremena.

Možda su najčudesniji pomaci na robotima u potpomognutoj kirurgiji načinjeni u području mikrokirurgije. Mikrokirurgija se bavi vrlo finim poslovima poput šivanja sitnih krvnih žila kod spajanja dijelova tijela. Taj posao zahtijeva preciznost na rubu ljudskih mogućnosti jer neke krvne žile imaju promjer manji od pola milimetra.

Mikrokirurg korištenjem mikroskopa napravi nekoliko šavova u krvnoj žili koju jedva vidi. Primjer je spajanje odsječenog prsta za što je potrebno mnogo vremena i truda uz povišenu koncentraciju. Nema dovoljno liječnika koji mogu izvesti takvu operaciju.

Robotski sustavi da Vinci nisu mogli zadovoljiti zahtjeve mikrokirurgije pa su se pojavili novi sustavi za rad pod mikroskopom. Kirurg sjedeći bočno za operacijskim stolom rukuje dvjema polugama u obliku pincete gledajući kroz 3D-naočale veliki ekran koji je povezan s digitalnim mikroskopom koji visi iznad pacijenta. Pokreti koje liječnik čini upravljačkim palicama stroj prevodi u pokrete instrumenata na robotskim rukama. Pokreti kirurga smanjuju se i do dvadeset puta, a sve vibracije ruku se filtriraju. Na krajeve robotskih ruku kirurzi mogu pričvrstiti različite mikroinstrumente poput pincete ili škara. Na taj način mogu se šiti limfne žile promjera 0,3 milimetra.

Slična je situacija i sa zahvatima na kralješnici. Kod velikih bolova u kralješnici daju se lumbalne injekcije kroz prostor između kralješaka. Taj postupak, osim što je bolan, zahtijeva i visoku uvježbanost pa postoje liječnici specijalisti za davanje "lumbalnih" injekcija. Ispitivanja su pokazala da su odstupanja pri izvedbi te procedure vrlo velika, kako po mjestu uboda tako i po kutovima ulaska injekcije što utječe na učinkovitost djelovanja lijeka. Zbog toga se ispituju mogućnosti autonomnih robotskih sustava za davanje injekcije uz poboljšanu sigurnost i točnost. Procedure uključuju 3D-individualizirane snimke kralješnice i simulacije davanja injekcije. Trenutno ne postoje komercijalno dostupne robotske platforme za davanje injekcije u kralješnicu.

No robotika se u području kirurgije kralješnice počela potvrđivati u postupcima postavljanja "pedikularnih" (spojnih) vijaka kojima se učvršćuju mehaničke spojnice kralješaka zbog njihove stabilizacije i imobilizacije kralješnice. Takvim se postupcima ispravljaju deformacije kralješnice, liječe prijelomi i stabilizira kralješnica nakon kirurškog zahvata. Prva komercijalna primjena bila je 2004. godine sa sustavom SpineAssist u Izraelu. Naknadno su razvijeni i drugi robotski sustavi za operacije kralješnice poput francuskog Rosa Spine ili Excelsius GPS iz SAD-a. Robotski potpomognuta kirurgija kralješnice poboljšava točnost postavljanja pedikularnih vijaka i smanjuje izloženost kirurškog osoblja zračenju. Međutim, trenutna robotska tehnologija ima mnoge nedostatke, uključujući visoku cijenu, strme krivulje učenja, poluautonomnu prirodu, ograničene kirurške indikacije i tehnološke greške. No unatoč brojnim poteškoćama, kirurška robotika već je danas toliko proširena da se čini lakšim navesti područja medicine u kojima nema robota od onih u kojima su postali dio svakodnevnih prakse ili se na njih ozbiljno računa.

Igor Ratković

Osam najčudnijih robota na svijetu

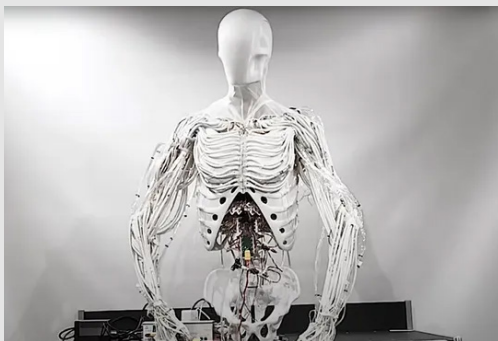
Odbrojavanje

Od humanoidnih strojeva koje pokreće umjetna inteligencija do malih paukolikih robota, roboti postaju sve čudniji.

Dok su nekoć uglavnom bili zaduženi za rutinske zadatke u proizvodnji i logistici, roboti polako šire svoje mehaničke udove i protežu se u mnoga druga područja života i znanosti.

Iako su mnogi od ovih novijih robota korisni, neki su jednostavno čudni. Neki koriste napredne algoritme kako bi ih učinili uznemirujuće sličnim ljudima, dok drugi imaju bizaran dizajn usmjeren na određene zadatke.

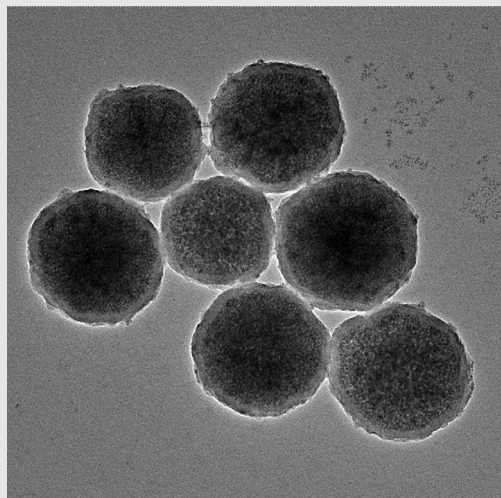
Upoznajte osam najčudnijih robota koji trenutno postoje na svijetu.



Od humanoidnog torza do nanobota, roboti postaju sve čudniji
Izvor: Clone Robotics

Injekcijski nanoboti

Možda zvuči kao nešto iz *cyberpunk* filma, ali nanoboti koji se mogu ubrizgati injekcijom već su stvarnost. Istraživači s Fakulteta inženjerstva Sveučilišta u Edinburghu razvili su malene magnetske robote napravljene od liješkova za zgrušavanje krvi koji su dizajnirani da se otapaju na određenoj temperaturi, zahvaljujući posebnom premazu. Ovi roboti, koji su veličine oko jedne dvanaestine crvenog krvnog zrnca, mogu biti vođeni kroz krvne žile, preko vanjskih magneta i medicinskog snimanja, do dijela tijela gdje se trebaju primijeniti lijekovi. Kad se nađu na tom idealnom mjestu, magneti grupiraju nanobote zajedno, što uzrokuje njihovo zagrijavanje i topljenje i oni oslobađaju lijek koji se u njima nalazi.



Nanoboti

Izvor: Sveučilište u Edinburghu

Atlas tvrtke Boston Dynamics

Platforma dvonožnog robota Atlas tvrtke Boston Dynamics nastavlja se razvijati. Atlas je prethodno pokazao rudimentarne *parkour* vještine i iznenađujuću spretnost. Sada je naučen "probuditi" se iz ležećeg položaja na način koji je prilično čudan. Počevši od položaja licem prema dolje, robot savija noge unatrag pored kukova, a zatim koristi rotirajuće zglobove kuka da primijeni silu i podigne se s tla.

Možda se čini kao jezivo neprirodan pokret, ali je dobra demonstracija Atlasove artikulacije i fleksibilnih pokreta i mogao bi ga učiniti sposobnijim za rad u različitim područjima.



Nastavak u idućem broju